Populäre Naturlehre

mit besonderer Rücksicht auf die

Chemie und verwandten Wissenschaften.

Von

M. Becquerel,

Mitglied der Akademie und erster Professor am naturgeschichtlichen Museum in Paris, Mitglied der königl. Societät in London, der Akademie in Berlin und vieler gelehrten Gesellschaften.

In neun Theilen,
mit einer Menge von Abbildungen.

Aus dem Französischen
von
Professor G. Kißling.

Dritter Theil.
Mit Tafel V.

Herausgegeben von der „Gesellschaft zur Verbreitung guter und wohlfeiler Bücher."

Stuttgart, 1845.
Verlag von Scheible, Rieger & Sattler.
(Preis pro Theil 18 kr. oder $4^1/_2$ ggr.)

mit besonderer Rücksicht auf die

Chemie und verwandten Hülfswissenschaften.

von

M. ...quevel,

mit einer Menge von Abbildungen.

von

Professor G. ...

Dritter Theil.

Stuttgart, 18..

Verlag von ...

Zweites Kapitel.

Struktur der unorganischen Körper.

1. Allgemeine Betrachtungen.

Die unorganisirten Körper zeigen sich uns bald in polyedrischer oder Krystallgestalt, bald im amorphen Zustande, welcher selbst wieder wegen der mehr oder minder regulären Anordnung der Moleküle veränderlich ist; sie nehmen die Krystallgestalt an, wenn sie aus dem tropfbarflüssigen oder gasförmigen Zustande langsam in den festen übergehen. Die Krystalle sind feste Körper mit ebenen Flächen, deren Zahl mehr oder minder beträchtlich ist, welche jedoch immer auf einfache Krystalle bezogen werden können, die man primitive Gestalten nennt. Zwei ebene Oberflächen schneiden sich nach geraden Linien, die man Kanten nennt; die Punkte, wo die Kanten auslaufen, sind die Ecken der Krystalle.

Linné hat zuerst angegeben, daß die Krystalle das Resultat constanter Kräfte wären, und daß ihr Studium bei der Beschreibung der Substanzen berücksichtigt werden müsse. Rome de l'Isle faßte diese Idee auf und beschrieb in einem Werke, welches er im Jahre 1772 herausgab, eine große Anzahl größtentheils unbekannter Krystalle, indem er das Maß ihrer Winkel angab; er machte zu gleicher Zeit die Grundthatsache bekannt, daß diese Winkel in denselben Varietäten die nämlichen wären, und versuchte es, die verschiedenen Krystallgestalten eines und desselben Minerals unter sich zu verbinden.

Bergmann und Haüy beobachteten zu gleicher Zeit den lamellenartigen Bruch einiger Krystalle und die constanten Richtungen, die er bei allen denen annimmt, die zu derselben Varietät gehören. Der erste beschränkte sich darauf, einige Induktionen, die sich auf die Struktur der Krystalle beziehen, abzuleiten, während der zweite dieses Resultat auf alle Arten, die es zu zeigen fähig waren, ausdehnte, und eine Theorie gründete, mit Hülfe derer er alle krystallische Gestalten derselben Art von einer primitiven Gestalt abhängig machte, wodurch es ihm möglich wurde, die Winkel mit mehr Genauigkeit, als es bisher geschehen war, zu messen. Dieses Princip der primitiven Gestalt hat nicht die ganze Allgemeinheit, welche ihr Haüy gab, welcher dessenungeachtet als der Gründer der krystallographischen Theorie angesehen wird; bevor wir sie jedoch entwickeln, wollen wir die allgemeinen Eigenschaften der Krystalle angeben.

Mit Ausnahme des Tetraeders haben die Krystalle gewöhnlich paarweise parallele Flächen. Die Ebenen, welche die Krystalle bilden, sind im Allgemeinen symmetrisch geordnet, entweder alle zugleich oder theilweise in Beziehung auf eine Linie, welche man Achse nennt. Diese Linie geht immer durch den Mittelpunkt des Krystalls und durch zwei gegenüberliegende Winkel, oder durch die Mittelpunkte zweier gegenüberliegenden Flächen, oder wohl auch durch die Mittelpunkte zweier gegenüberliegenden Kanten. Eine große Zahl von krystallinischen Substanzen haben die Eigenschaft, sich in ebenen Richtungen mit größerer oder geringerer Leichtigkeit theilen oder spalten zu lassen. Häufig kann man nur an dem Anblicke der Streifen oder Linien, welche auf den Oberflächen des Krystalls gezogen sind, die Spaltbarkeit vermuthen. Diese Spuren sind oft so schwach, daß man sie nur vermittelst des erzeugten Reflexes bestimmen kann, wenn man den Krystall einem lebhaften Lichte aus-

setzt. Um die Spaltung zu bewerkstelligen, bedient man sich eines schneidenden Instrumentes, welches man nach der vermuthlichen Richtung der Lamelle, welche man trennen will, neigt, und dem man einen kurzen Schlag mit dem Hammer gibt. Ein Krystall zeigt gewöhnlich mehrere Spaltflächen; der geschmolzene Antimon hat sogar zehn; es gibt Krystalle, die nur eine oder zwei haben. Es gibt Spaltflächen, welche alle den nämlichen Grad von Reinheit nach allen Richtungen haben, der Flußspath und der Bleiglanz (Schwefelblei) sind Beispiele davon. Der erste hat vier, welche den Flächen eines regelmäßigen Octaeders parallel sind und der zweite drei in rechtwinkligen Richtungen. Diese Spaltflächen sind eine Folge von der Gestalt der Krystalle, denn es gibt keinen Grund, warum die eine von ihnen in einer Richtung leichter sei als in einer andern. In den Substanzen, deren Krystallsystem nicht vom regelmäßigen Octaeder, vom Würfel und vom Rhomboeder abhängt, haben die Spaltflächen nicht gleiche Reinheit in den verschiedenen Richtungen. Der Gyps, welcher von einer schiefen rhombischen Säule abgeleitet ist, hat drei, von denen die eine sehr leicht und die beiden andern, welche Flächen, die keinen Glanz haben, sehen lassen, es weniger sind. In Stoffen, die zahlreiche Spaltflächen haben, wie der kohlensaure Kalk, nimmt man oft wahr, daß sie sich in verschiedenen Ordnungen, je nach dem Grade ihrer Reinheit, theilen lassen. Man beobachtet zuerst eine sehr leichte dreifache Spaltbarkeit und mehrere andere dreifache oder sechsfache, welche dieselbe weit weniger besitzen. Diese letzteren wurden von Hauy überzählige Spaltflächen genannt. Die Vereinigung der Spaltflächen und die Angaben in Beziehung auf ihre Reinheit müssen von dem Physiker berücksicht werden, denn die Vereinigung dieser Ebenen bildet eine innere constante geometrische

Gestalt und die Einfügungen zeigen, daß die Aggregationskraft, welche die Gruppirung der Moleküle erzeugt, nicht dieselbe bei den verschiedenen Richtungen der Spaltung ist. Wir fügen hinzu, daß die verschiedenen Krystallgestalten einer Substanz, welche demselben Krystallsysteme angehören, immer unter sich durch die Verhältnisse der Symmetrie verbunden sind, und daß die verschiedenen festen Körper, welche aus der Vereinigung der Spaltflächen von verschiedenen Ordnungen gebildet sind, unter sich analoge geometrische Verhältnisse haben. Man nennt Krystallsystem eines Minerals das Ganze der hauptsächlichen symmetrischen Gesetze, welchen die verschiedenen Theile ihrer Krystallgestalten unterworfen zu sein scheinen.

Wir wollen die Thatsachen aus einander setzen, welche uns über die Struktur der Krystalle, abgesehen von jeder Voraussetzung, von jeder theoretischen Idee, über die Gruppirung oder Anordnung der Moleküle, auf welche man die verschiedenen Gestalten bezieht, die häufig ein und dasselbe Mineral zeigt, aufklären können.

Alle Krystallgestalten eines und desselben Stoffes, welche demselben Krystallsysteme angehören, können auf eine einzige Form, welche von Hauy primitive Form genannt wurde, und die man in den meisten Fällen durch das Spalten oder ein rasches Abkühlen erhält, oder welche man durch geometrische Betrachtungen bestimmen kann, bezogen werden. Auf folgende Weise gelang es Hauy zum ersten Male von einem prismatischen Krystalle von kohlensaurem Kalke den stumpfen Rhomboeder, die primitive Gestalt dieser Substanz zu erhalten. Da sich ein prismatischer Krystall von kohlensaurem Kalke (Taf. I. Fig. 1, 3) zufälligerweise von einer Gruppe abgelöst hatte, so nahm Hauy wahr, daß der Bruch, welcher sich an der Stelle bildete, wo der Krystall an dieser Gruppe

hing, eine saubere und glatte Fläche abcd entblößte, welche eine von den Kanten der Grundfläche ersetzte. Er schloß daraus, daß man diese Fläche betrachten müsse, als sei sie nach einer der natürlichen Verbindungen des Krystalls hervorgebracht worden. Er fand ferner, daß die Ebene dieser Fläche merklich um dieselbe Größe, sowohl an der Basis des Prismas, als auch an der anliegenden Fläche, geneigt sei. Indem er ähnliche Spaltflächen auf den Kanten der beiden Grundflächen hervorbrachte, fand er, daß es unter den sechs, aus denen die Grundflächen bestehen, nur drei gäbe, welche sich zu dieser Operation hergaben, und daß ferner diese sechs Ebenen paarweise parallel waren. Indem er die Theilung so lange fortsetzte, bis alle Flächen des Prismas verschwunden waren, so erhielt er ein stumpfes Rhomboeder ss′ (Taf. I. Fig. 2), dessen Flächen, nach einer und derselben Spitze hin angenommen, um ungefähr 101°, 5 geneigt waren, d. h. daß dieses Rhomboeder genau dasselbe war, das man durch die Spaltung der Lamellen des Kalkspaths erhält. Man sieht diesen Rhomboeder in den prismatischen Krystall (Taf. I. Fig. 3.) eingeschlossen. Hauy schloß aus dieser Beobachtung, (welche er auf alle mehr oder minder complizirte Varietäten des kohlensauren Kalkes ausdehnte), daß alle Varietäten einen Kern einschlößen, welcher demjenigen vollkommen ähnlich ist, welchen er bei der sechsseitigen Säule erhalten hatte, ein Kern, welcher als die primitive Gestalt betrachtet werden müsse. Dies sind die Grundflächen seines krystallographischen Systems, dessen Folgerungen er mit dem größten Scharfsinne fortsetzte; aber ehe wir diese Folgerungen angeben, wollen wir die Mittel beschreiben, welche angewandt wurden, um die ebenen Winkel und die Winkel zu messen, welche die Neigung der Flächen bestimmen, ohne welche es nicht möglich wäre, tief in die Constitution oder die Struktur der Krystalle einzudringen.

2. Maß der Krystallwinkel.

Um die Krystallwinkel zu messen, bedient man sich verschiedener Instrumente, welche Goniometer heißen. Wir werden nur die Apparate dieser Gattung beschreiben, welche einer gewissen Genauigkeit fähig und darum die einzigen sind, die man in der Physik annehmen kann. Wir werden demnach nur ein paar Worte über den Goniometer sagen, der aus zwei Stahlplatten, welche durch eine Achse mit einander verbunden sind, um welche herum sie durch Falze beweglich sind, um nach Belieben verlängert oder verkürzt zu werden, und aus einem Rapporteur besteht, welcher dazu dient, den Winkel der beiden Stahlplatten, wovon jede auf eine der beiden Krystallflächen senkrecht zu ihrer Durchschnittskante gelegt wurde, zu messen. Dieser Apparat kann nur dazu dienen, näherungsweise die Winkel großer Krystalle anzugeben. Der feste Goniometer des Aldeman ist derselbe, wie der vorhergehende: er gibt jedoch genauere Maße, wegen der Vervollkommnungen, die ihm sein Erfinder ertheilte, und welche darin bestehen, daß der Apparat, sowie der Krystall, befestigt ist, was beide Hände frei läßt und leichte Prüfungsmittel gestattet.

Goniometer von Aldeman. — Ein Halbkreis ABC (Taf. I. Fig. 4) ist auf einem Lineal ab befestigt, welches von zwei Säulen pp getragen wird: der Halbkreis kann sich von rechts nach links bewegen, indem er in den Fugen cc läuft, in welchen sich kleine Rollen befinden, die dazu bestimmt sind, die Bewegung sanfter zu machen. Dieser feste Halbkreis trägt einen anderen fg, welcher sich um den Mittelpunkt o bewegt und welcher in Grade eingetheilt ist; er ist mit einem Nonius hik versehen, welcher sich ebenfalls um den Mittelpunkt, jedoch rückwärts zwischen dem Mittelpunkt und dem Lineal bewegt, und welchen

man vermittelst einer Druckschraube k in eine beliebige Lage bringen kann. Man kann auf diese Weise Minuten erhalten. Die Alhidade lm nimmt in ihrer Bewegung den Kreis fg mit. Der Krystall, dessen Winkel man messen will, wird mit Wachs auf einem Stabe q befestigt, der, je nachdem es nöthig ist, herauf oder herabgelassen, vor- oder rückwärts geneigt, oder um sich selbst gedreht werden kann. Er wird von einem kleinen Wagen u getragen, welcher mit Reibung und mit Schwalbenschwanz zwischen die kleinen Stäbchen ss hineingeht. Das Stück tn ist der Absehег, welchen man an einem der Stäbchen s anbringt, wenn der Wagen hinreichend vorwärts gezogen ist, und welcher es möglich macht, die Durchschnittslinie der beiden Flächen, deren Winkel man messen will, wie seine senkrechte Stellung auf der Ebene des Kreises zu beurtheilen. Wenn man sich dieses Instrumentes bedienen will, so bringt man den Krystall auf das Stäbchen q, man vergewissert sich durch den Abseher, welchen man darnach regiert, ob die Durchschnittskante parallel mit den Rändern v ist, ein Fall, in welchem er senkrecht auf der Ebene des Kreises steht. Wenn diese Bedingung nicht erfüllt ist, so hilft man derselben ab; indem man sodann durch die Oeffnung x sieht, so gibt man ihm eine horizontale Lage. Ist dies geschehen, so treibt man den Wagen auf dem Kreise weiter, man läßt die Alhidade und zu gleicher Zeit das Lineal gehen, bis daß sich die Alhidade genau auf die Fläche auflegt, ohne einen Raum zwischen sich zu lassen. Hierauf führt man den Nonius bis an das Ende des beweglichen Halbkreises, wo eine kleine Klampe ihn genau bei Null anhält. Man befestigt ihn alsdann in dieser Lage vermittelst einer Druckschraube. Man zieht den Wagen vorwärts; man läßt die Alhidade nach der anderen Richtung gehen, man führt den Wagen weiter und man schreitet zum

Coincidiren auf der zweiten Fläche. Indessen dreht sich der Halbkreis um eine gewisse Winkelgröße; das Maß dieses Winkels, welches in Graden auf dem Limbus und in Minuten auf dem Nonius angegeben ist, gibt das Maß des gesuchten Winkels. Man erhält mit diesem Instrumente Winkel beinahe bis auf drei oder vier Minuten. Es hat überdies den Hauptvortheil, bei Krystallen mit matten, aber glatten Flächen unmittelbar angewandt werden zu können. Wenn man genaue Bestimmungen haben will, so dürfen die Flächen nicht gar zu klein sein, um sich von dem Coincidiren der Alhidade mit denselben zu versichern; er kann ferner zum Messen der ebenen Winkel und der Neigung einer Kante gegen eine Fläche und als Reflexionsgoniometer angewandt werden.

Die besten Goniometer sind die sogenannten Reflexionsgoniometer; sie bestehen aus eingetheilten, beweglichen Kreisen, die mit Nonius und mit einem Stabe versehen sind, der senkrecht auf der Ebene des gleichfalls beweglichen Kreises steht und an dessen Ende man den Krystall mit Wachs so anbringt, daß die Verbindungskante vertikal ist; die Ebene des Kreises ist horizontal.

Diese Kante muß in dem Mittelpunkte der beweglichen Alhidade angebracht werden, vor dem Kreise befindet sich ein kleines Fernrohr in einer festen Lage, man dreht die Alhidade bis eine von den Flächen das Bild eines entfernten Absehers reflektirt, und man bemerkt den Grad, dem sie entspricht. Man fährt hierauf fort zu drehen, bis sich die andere Fläche so stellt, daß sie denselben Gegenstand reflektirt. Es ist leicht zu beweisen, daß der Winkel um welchen man die Alhidade gedreht hat, das Supplement des zwischen den beiden Flächen liegenden Winkels ist; man darf nur eine Figur zeichnen, um sich davon zu überzeugen.

Die nothwendige Bedingung, ein genaues Maß

zu bekommen, besteht darin, sich zu versichern, daß die Durchsichtskante perpendikulär auf der Ebene des Kreises steht. Man muß von dem Grundsatze ausgehen, daß das Bild eines senkrechten Gegenstandes, welches von einem senkrechten Spiegel reflektirt wird, ein senkrechtes Bild gebe. Indem man in dem Fernrohr einen vertikalen Faden anbringt, stellt man das Instrument vor ein Fenster, von wo aus man in der Entfernung beliebige vertikale Stäbe beobachten kann, wenn der Kreis horizontal angebracht ist, und man den Krystall so dreht, bis eine seiner Flächen das Bild des Gegenstandes reflektirt; steht dieses nicht vertikal, so coincidirt es nicht mit dem Faden des Fernrohrs, und man läßt den Krystall auf seiner Stütze sich bewegen, bis diese Bedingung erfüllt ist. man wiederholt dieselbe Probe mit dem andern und wenn man in den beiden Fällen findet, daß das reflektirte Bild vertikal ist, so schreitet man zum Messen des Winkels.

Goniometer von Wollaston. — Der Apparat von dieser Art, den man am meisten anwendet, ist der, welchen Wollaston erfand. Er besteht aus einem graduirten senkrechtstehenden, kupfernen Kreise, welcher mit einem Nonius versehen und um eine horizontale Achse beweglich ist. Diese Achse ist ihrer ganzen Länge nach durchbort, um eine andere Achse, welche an ihrem Ende, das den Krystall aufnimmt, mit mehreren beweglichen Stücken versehen ist, durchzulassen. Dieser Apparat ist auf Taf. I. Fig. 5 abgebildet. Ehe man den Versuch beginnt, befestigt man den Kreis bei 0 oder 180°. Der Krystall wird hierauf auf einer kleinen Platte a oder am Ende des Stabes ab mit Wachs so befestigt, daß die Kante senkrecht auf Ebene des Kreises und in der Richtung der Rotationsachse steht. Man stellt sich hierauf vor ein Fenster, indem man den Goniometer mit der linken Hand unten, und so hält, daß man mehrere horizontale

Linien sieht, wie z. B. eine Dachlini e, eine Balkon linie, jedoch unter der Bedingung, daß die Ebene des Kreises senkrecht auf der Fläche des Gebäudes stehe. Man bringt hierauf das Auge so nahe als möglich an den Krystall, man läßt nun die innere Achse vermittelst der Zwinge b so drehen, daß man eine der Flächen in eine solche Lage bringt, daß sie die höchste von den Horizontallinien reflektirt. Man fährt fort langsam zu drehen, bis das Aug das reflektirte Bild und eine der unteren Linien, welche alsdann unmittelbar gesehen wird, wahrnimmt. Wenn beide Linien coincidiren, so ist man, nachdem so eben Gesagten überzeugt, daß die Krystallfläche horizontal ist; wenn diese Bedingung nicht erfüllt wird, so kann man, wie bereits gesagt worden, demselben abhelfen. Das nämliche Verfahren stellt man mit der andern Fläche an, um sich vollkommen zu überzeugen, daß der Krystall sich in der verlangten Lage befindet. Alsdann darf man den Krystall nicht mehr berühren, noch das Instrument verrücken. Nun dreht man den Krystall vermittelst der Zwinge b bis eine der Flächen die obere Absehelinie reflektirt und sie mit der unteren coincidiren läßt; nachher dreht man den Kreis selbst vermittelst der Zwinge c; der Krystall wird alsdann mit genommen, und man hält nur dann inne, wenn das reflektirte Bild des oberen Absehers mit dem unteren Abseher coincidirt: der durch den Krystall beschriebene Winkel ist das Supplement des Winkels, welcher die Neigung der beiden Flächen mißt.

Man kann mit diesem Apparate nur sehr kleine Krystalle messen, weil, da das Auge nicht unbeweglich und die Entfernung der Absehegegenstände gewöhnlich nicht sehr beträchtlich ist, um genaue Resultate zu erhalten, die Dimensionen des Krystalls und die Entfernung vom Auge als unendlich klein angesehen werden können. Man findet dabei noch einen Vortheil, denn

je kleiner die Krystalle sind, um desto mehr nähern sich auch die Flächen den Ebenen. Dieser Apparat kann nur bei Krystallen angewandt werden, deren Flächen nicht spiegeln. Man vermeidet diesen Uebelstand, wenn die Ebenen sehr glatt sind, dadurch, daß man auf sie eine sehr dünne Schichte Firniß aufträgt. Man hat auch vorgeschlagen, auf jeder Fläche die Hälfte einer sehr dünnen Glaslamelle anzubringen und sie darauf mit etwas verdichtetem Terpentinöl zu befestigen. In diesem Falle leistet die Glasplatte den Dienst eines kleinen, mit der Krystallfläche, auf welche sie geleimt ist, parallelen Spiegels. Es ist alsdann leicht, die Neigung der Flächen vermittelst der beiden Platten zu messen.

Der Goniometer von Wollaston gibt Resultate beinahe auf eine halbe Minute; aber es gibt Fälle, wo es nöthig ist, die Winkel beinahe auf 10″ zu messen und selbst noch darunter.

In diesem Falle muß man den Apparat befestigen und die beweglichen Theile so anordnen, daß man ihnen eine sanfte Bewegung mittheilen könne; kurz, man muß den Wollaston'schen Goniometer in einen genauen Apparat verwandeln; diesen Zweck hat Mitscherlich mit dem Apparate erreicht, von welchem wir sogleich die Beschreibung geben wollen.

Goniometer von Mitscherlich. — Wir haben vorhergesehen, daß es, um ein genaues Maß von dem Winkel zu erhalten, welche die beiden Krystallflächen bilden, nothwendig sei, daß die beiden Krystallflächen parallel mit der Rotationsachse seien, daß diese mit der Krystallachse zusammenfalle und das Auge während der ganzen Dauer des Versuchs eine unveränderliche Lage beibehalte. Man genügt der ersten Bedingung vermittelst einer Stütze mit doppelter Bewegung, welche von der Rotationsachse getragen wird. Auf dieser Stütze wird der Krystall mit Wachs befestigt; die Figur 6. Taf. I. gibt einen

vollständigen Begriff von dem Apparate. Ein vertikaler Limbus B. trägt in seinem Mittelpunkte eine hohle Achse, welche zu ihm perpendikulär ist und durch eine andere Achse geht, welche den Krystall zu tragen bestimmt ist; dieselbe Anordnung wie bei dem, welche von Wollaston angenommen wurde. Die innere Achse dreht sich, gleitet in der hohlen Achse, ohne daß diese aufhört, fest zu sein. Die beiden Achsen können ebenfalls auf eine sichere Art verbunden werden. Ein Zängchen G befindet sich zwischen einer Schraube d und einer Feder c. Indem man das Zängchen vermittelst der Schraube e zusammenpreßt, erhält man den unbeweglichen und von der inneren Achse unabhängigen Limbus. Die Stütze des Limbus trägt einen festen Nonius. Will man die Nullen des Limbus und des Nonius genau coincidiren lassen, so beginnt man damit, die Null des Limbus so genau als möglich an den Inder zu bringen; man drückt das Zängchen G zusammen, und vermittelst der Schraube d läßt man dieses Zängchen sich bewegen, welches den Limbus bis zur vollkommenen Coincidenz der beiden Nullen mitnimmt. Man liest die Theile des Limbus vermittelst einer Loupe l ab, welche auf einem beweglichen Stäbchen steht. Ein Zängchen f, welches unveränderlich auf der innern Achse befestigt ist, dient dazu, sie mit dem Limbus zu verbinden. Wenn das Zängchen f zusammengedrückt ist, so dient die Schraube k dazu, eine mikrometrische Rotationsbewegung für die innere Achse hervorzubringen. Diese Achse trägt einen Apparat, welcher zur Orientirung des Krystalls vermittelst der doppelten verbundenen Bewegungen bestimmt ist; die erste dieser Bewegungen muß den Krystall auf die Achse des Apparates bringen. Er besteht aus einer, mit der Schraube L parallel beweglichen Schiebwand, welche seine Bewegung leitet. Diese trägt eine zweite Schiebwand, die sich in einer senkrechten Richtung vermittelst

der Schraube k bewegt. Diese doppelte Bewegung reicht hin, um die Gabel, welche das Stück m trägt, an einen passenden Punkt zu bringen, daß der Krystall sich auf der Achse befindet, überdies müssen aber noch seine Flächen mit dieser Achse parallel sein, darum trägt diese Gabel an ihrem oberen Ende eine halbsphärische Höhlung xx, worin sich eine Halbkugel e bewegen kann, welche mit einem gabelförmigen Schwanz versehen ist, den man in den Kanal v hingehen sieht, welcher durch die Calotte xx durchgeht. In die Gabelung dieses Schwanzes geht eine Schraube r, welche selbst auf einer Gabel steht, durch deren geneigten Schwanz eine Schraube s geht, die senkrecht auf der Schraube r steht. Vermittelst dieser Schrauben, welche den Schwanz der beweglichen Halbkugel mit sich nehmen, sieht man, daß man diese so drehen kann, daß der mittlere Schnitt t verschiedene Lagen in Beziehung zur Achse annehmen könne. Diese Halbkugel trägt einen kleinen Kanal, der senkrecht auf ihrer Oberfläche steht, in welchen man den Schweif y des Zängchens N bringt; dieses Zängchen, welches man vermittelst eines Schlüssels schließt, trägt den Krystall und wird durch die Bewegung der Halbkugel, mit welcher es verbunden bleibt, mitgenommen. Die zwei Schrauben r und s bestimmen eine doppelte Rotationsbewegung und die beiden Schrauben K und L eine doppelte übertragende Beweguug. Es folgt daraus, daß man dem Krystalle alle Lagen geben kann; die Orientirungen, welche er annehmen kann, haben keine andere Gränzen als die der Weiten der Bewegungen, welche die Construktion des Apparates erlaubt.

Damit das Auge in einer constanten Richtung hinsehe, so trägt der Goniometer ein Fernrohr H, welches auf einer Achse parallel mit der des Limbus beweglich ist. Sein Träger wird vermittelst zweier Schrauben pp befestigt und kann sich parallel mit

der Achse bewegen, damit man das Fernrohr gegenüber von dem Krystall bringen kann; zwei Fäden, welche sich in der Achse des Fernrohrs kreuzen, versichern die constante Richtung des Gesichtsstrahls.

Der Gebrauch dieses Apparates ist ganz derselbe wie der des Wollaston'schen Goniometers. Der Limbus wird auf Null befestigt, man orientirt den Krystall vermittelst doppelter Bewegungen, welche von der innern Achse bewerkstelligt werden. Die Orientirung ist richtig, wie man bereits gesehen hat, wenn sich das Bild einer Linie, welches nach einander auf den zwei Flächen des Winkels, den man mißt, reflektirt wurde, auf einer und derselben mit der ersten parallelen Linie projicirt. Wenn dieses Coincidiren für eine dieser Flächen mit Hülfe der mikrometrischen Bewegung E erhalten wurde, so schließt man das Klämmchen f und öffnet das Klämmchen e; man dreht gleichseitig die beiden Achsen so, daß man das nämliche Coincidiren für die andere Fläche erhält: man bedient sich alsdann der mikrometrischen Bewegung g, nachdem man das Klämmchen e aufs Neue zugemacht hat; der beobachtete Winkel ist der der Normalen, und man erhält einen auf eine halbe Minute genauen Winkel. Dieser Goniometer kann nur zum Messen der Krystallwinkel mit sehr spiegelnden Flächen gebraucht werden, weil das Fernrohr die Intensität des reflektirten Lichtes sehr vermindert.

Goniometer des Babinet. — Dieser Goniometer, den wir noch zu beschreiben haben, hat den Vorzug, daß er seinen Abseher bei sich führt und keiner festen Lage bedarf: auf diese Weise kann man mit ihm, dadurch, daß man ihn in der Hand hält, operiren; der Abseher besteht aus zwei gekreuzten Fäden, welche sich im Brennpunkte einer Linse befinden. Die Strahlen, welche von diesen Fäden ausgehen, laufen parallel, wie wenn sie von einem sehr entfernten Gegenstande kämen und fallen nach einander

auf die Oberflächen eines Prisma, von welchem man die gegenseitigen Neigungen bestimmen will. Wir haben die Haupttheile dieses Apparates (Taf. I. Fig. 7) abgebildet, welcher gleichfalls zur Bestimmung des Brechungsvermögens und des Pollarisationswinkels einer Substanz dienen kann; aber für den Augenblick handelt es sich nicht von diesem doppelten Gebrauche.

AB ist ein Kreis, welcher in halbe Grade eingetheilt ist, unter welchem sich ein Griff P befindet, um in der Hand zu beobachten. LL ist ein festes Fernrohr; im Brennpunkte des Objektives desselben sind zwei rechtwinklig gekreuzte Fäden angebracht, von denen der eine dicker ist, als der andere.

Das Fernrohr besteht aus zwei Theilen, von denen der eine CD beweglich ist, nach Belieben verlängert oder verkürzt werden kann, um den Gesichtspunkt zu erhalten, und es möglich macht, die beiden gekreuzten Fäden in irgend eine Lage zu bringen. L′L′ ist ein anderes Fernrohr, welches ebenfalls aus zwei um die Achse des Kreises beweglichen Theilen besteht. Im Brennpunkte des Objektivs befinden sich gleichfalls zwei rechtwinklig gekreuzte Fäden; jedoch von gleichem Durchmesser. Dieses Fernrohr ist mit einem Vernier v′v′ versehen, den es in seinen verschiedenen Bewegungen mit sich führt. Im Mittelpunkte des Kreises befindet sich ein Objektträger, welcher aus zwei um seine Achse beweglichen Theilen besteht, deren beide Bewegungen unabhängig von einander sind. Das untere Stück ist mit einem Vernier vv versehen, und das obere ist bloß eine Platte, auf welche man mit Wachs den Krystall befestigt, mit welchem der Versuche angestellt werden soll. Wenn man den Winkel finden will, welcher von zwei Krystallflächen gebildet wird, so fängt man damit an, diesen Krystall auf dem Objektträger zu befestigen, indem man die Durchschnittslinie der beiden Flächen

in eine vertikale Lage bringt, dann ordnet man das feste Fernrohr so an, daß einer von den gekreuzten Fäden ebenfalls vertikal ist. Man dreht nun das zweite Fernrohr auf die Weise, daß man das reflektirte Bild eines von den Fäden des festen Fernrohrs auf einer der Krystallflächen sieht, und bringt sie hierauf zum coincidiren mit einem der Fäden des beweglichen Fernrohrs. Nachdem diese erste Operation vollendet ist, liest man auf dem Kreise die Eintheilungen ab, die dem Vernier des Objektträgers, den man dreht, entsprechen, bis die zweite Krystallfläche den Abseher des festen Fernrohrs so reflektirt, daß er mit dem Faden des Absehers des beweglichen Fernrohrs coincidire. Man liest den Winkel, den der Vernier des Objektträgers durchläuft, ab, und der beobachtete Winkel ist das Supplement des Winkels, der zwischen den beiden Flächen liegt. Der dicke Faden des festen Fernrohrs dient dazu, das Brechungsvermögen eines Krystalls zu finden. Da wir alle Mittel angegeben haben, um mit einer großen Genauigkeit die ebenen Winkel und die Neigungen der Krystallflächen zu messen, so wollen wir die Hauptangaben vortragen, welche dazu dienen können, ihre Struktur kennen zu lernen.

Man hat oben gesehen, wie es Haüy gelang, durch die Spaltung aus einem prismatischen Krystall von kohlensaurem Kalke das primitive Rhomboeder zu gewinnen. Wir wollen diese Methode auf andere Formen derselben Art anwenden, um daraus die Reichhaltigkeit derselben zu zeigen. Wenn man das spitzige Rhomboeder desselben Stoffes aa′ (Tafel I. Fig. 8) nimmt, dessen ebener Winkel an der Spitze 75° 31′ beträgt (umgekehrte Varietät), und wenn man die Ebenen parallel mit den oberen Kanten richtet, so gelangt man zu einem primitiven Rhomboeder ss′. In dem Dodekaeder mit ungleichseitigen Dreiecken bb′ (Tafel I. Fig. 9) (metastatisch)

muß die Spaltung so genommen werden, daß die unteren Ränder des Rhomboeders mit denen des Dodekaeders zusammenfallen, und daß die Spaltungsflächen durch eben die paarweis genommenen Ränder gehen. Wenn man andere Substanzen, wie z. B. den Amphibole, den Pyroxene, den Feldspath, das Schwefelarsenik u. s. w. betrachtet, so gelangt man gleichfalls durch das Spalten zu einem primitiven Kerne, welcher eine schiefe rhombische Säule ist, deren Grundfläche mehr oder minder gegen die Achse geneigt ist, und deren Seitenflächen je nach der Art, zu welcher dieser Kern gehört, mehr oder weniger offene Winkel unter sich bilden. Der Baryt und der schwefelsaure Strontian, der Stilbit, haben gerade rhombische Säulen zu primitiven Gestalten. Der Quarz, der Korund, das Eisenerz, das Schwefelquecksilber, haben zur primitiven Gestalt ein mehr oder minder spitziges Rhomboeder; der Bleiglanz oder das Schwefelblei einen Würfel u. s. w., kurz alle primitive Gestalten, welche bis jetzt beobachtet wurden, können auf folgende sechs Formen gebracht werden:

1) Regelmäßig oder tetraedrisch.
2) Säule mit quadratischer Basis.
3) Rhomboeder.
4) Gerade rhombische Säule.
5) Schiefe symmetrische Säule.
6) Schiefe nichtsymmetrische Säule.

Wenn sich ein Krystall nach allen Richtungen mechanisch theilen läßt, so ist nichts einfacher, als seinen primitiven Kern zu erhalten; wenn aber die mechanische Theilung sich nicht ganz oder theilweise bewerkstelligen läßt, so muß man zu andern Mitteln seine Zuflucht nehmen, um sie zu erhalten. Das erste ist die Richtung der natürlichen Verbindungen: man bricht einen Krystall so, daß man zum Theile die Fläche, welche mit einer Verbindung parallel ist,

bestehen läßt, und indem man nun diese Fläche sich bei einem lebhaften Lichte bewegen läßt, so nimmt man zwei Arten von reflektirten Strahlen wahr, die einen, welche von dem Ueberreste der Fläche, die anderen von den inneren Lamellen zurückgesendet werden. Indem man den Krystall dreht, sieht man die Strahlen, welche die beiden Reflexe hervorbringen, erscheinen und verschwinden; man schließt alsdann daraus, daß es im Inneren des Krystalls eine natürliche Verbindung gebe, welche mit der Fläche, von der wir sprechen, parallel läuft. Wenn in andern Fällen die Spaltung und die Streifen gar keine Andeutung geben können, so macht man den Krystall glühend und wirft ihn sodann in's Wasser; es ereignet sich manchmal, daß man auf diese Weise zur Entdeckung der Flächen der primitiven Gestalt gelangt. — Man brachte es durch dieses Verfahren dahin, aus einer Säule von Bergkrystall den Rhomboeder zu gewinnen, den man als seine primitive Gestalt ansieht. Man kann als Grundsatz aufstellen, daß alle krystallinischen Gestalten einer und derselben mineralischen Substanz, welche demselben Krystallsysteme angehören, auf eine und dieselbe einzige Gestalt gebracht werden können; wir sagen, welche demselben Krystallsysteme angehören, denn es kann vorkommen, daß eine und dieselbe Substanz zwei verschiedene Krystallsysteme besitzt, welche auf zwei unvereinbare primitive Gestalten führen. Der kohlensaure Kalk, der Arragonit sind Beispiele davon; der Schwefel, welcher durch das Schmelzen krystallisirt und der natürliche Schwefel liefern ein anderes.

Der kohlensaure Kalk hat wirklich zur primitiven Gestalt ein Rhomboeder, dessen Flächen um 105° 5′ und 74° 55′ geneigt sind; der Arragonit, eine gerade rhombische Säule, deren Neigungen 116° 5′ und 63° 55′ sind, zwei Gestalten, die nicht von einander abgeleitet werden können. Die natürlichen

Schwefelkrystalle und diejenigen, welche auf nassem Wege erhalten werden, haben eine gerade rektanguläre Säule zur primitiven Gestalt, während diejenigen, welche durch Schmelzen und Abgießen erhalten werden, von schiefen Säulen mit rhombischen Basen abstammen, welche nicht auf die gerade rektanguläre Seite gebracht werden können. Die primitive Gestalt läßt sich ebenfalls noch spalten, und man wird alsdann auf feste Körper geführt, die keiner mechanischen Theilung mehr fähig sind, und welche Hauy integrirende Moleküle genannt hat. Indem sich diese Moleküle entweder in der Richtung der Kanten oder in der der Diagonalen des primitiven Kerns nach gewissen hypothetischen Gesetzen gruppiren; so gelang es ihm, wie wir weiter unten sehen werden, die sekundären krystallinischen Gestalten wieder herzustellen.

Wir wollen einige Beispiele von den integrirenden Molekülen anführen. Wenn man aus einem Flußspathwürfel cc′ (Tafel I. Fig. 10) die acht Winkel nach einander durch Ebenen, welche zu den Diagonalen senkrecht sind, wie abc, a′ b′ c′ u. s. w. abschlägt, so erhält man einerseits Tetraeder, welche, indem sie nur durch Hinwegnahme der Winkel noch getheilt werden können, die Gestalt der integrirenden Moleküle zeigen, andererseits ein reguläres Oktaeder, welches die primitive Gestalt ist. Der Bleiglanz liefert einen Würfel zur primitiven Gestalt, sowie zum integrirenden Molekül. Das Parallelepiped führt durch die mechanische Theilung zu unter sich und mit dem Grundtypus ähnlichen Parallelepipeden. So läßt sich das primitive Rhomboeder des kohlensauren Kalkes in andere ähnlichen Rhomboeder theilen; diese Spaltbarkeit läßt sich bis zum letzten Glied der mechanischen Theilung bewerkstelligen. Es gibt indessen andere Theilungsarten, welche das Rhomboeder in zwei dreieckige Prismen theilen;

für den Augenblick jedoch werden wir nicht davon reden. Die primitive Gestalt des Kochsalzes, welche ein Würfel ist, theilt sich gleichfalls in Würfel.

Das Rhombododekaeder RR′ (Taf. I. Fig. 11) läßt sich durch Ebenen theilen, welche durch den Mittelpunkt und parallel mit den verschiedenen Flächen gehen: man erhält alsdann vierundzwanzig Tetraeder, von denen ein jedes vier gleichschenklige Dreiecke zu Flächen hat.

Es verhält sich bei den andern Gestalten nicht mehr so; die sechsseitige reguläre Säule (Fig. 14. Tafel 11), die des phosphorsauren Kalks z. B., kann von Ebenen getheilt werden, welche durch die Mittelpunkte der Grundflächen und die Diagonalen gehen, woraus sechs gleichseitige dreieckige Prismen entstehen. Wenn man die Theilungen nach Richtungen fortsetzt, die mit den ersteren parallel laufen, erhält man dreieckige Prismen, die, paarweis genommen, Parallelepipeden oder gerade Säulen bilden. Man kann demnach die reguläre sechsseitige Säule betrachten, als entstehe sie aus der Vereinigung gerader Säulen.

Die gerade rhombische Säule, die primitive Gestalt des Stauroliths, kann von Ebenen getheilt werden, welche mit den Flächen nicht parallel sind. In dieser Säule bilden die geneigtesten Ebenen unter sich einen Winkel von 129° 30′. Das Spalten zeigt, daß diese Säule durch eine Ebene getheilt werden kann, welche durch die kleinen Diagonalen der Grundflächen so geht, daß sie zwei ähnliche gleichschenklige Säulen hervorbringt. Ebenso zeigt die primitive Form des schwefelsauren Baryts AB (Tafel I. Fig. 12), welche eine Säule von derselben Art ist, eine Spaltung nach den beiden Diagonalen einer jeden Grundfläche, was vier dreieckige Prismen hervorbringt, deren Grundflächen rechtwinklige, ungleichseitige, gleiche und ähnliche Dreiecke sind. Diese Beispiele und andere, welche wir anführen könnten, zeigen, daß die festen

Körper, wovon die einen prismatisch, die andern tetraedrisch sind und welche man durch die Untereintheilung eines Parallelepipedons erhält, das eine Funktion der primitiven Gestalt ist, ebensoviele Spuren sind, welche auf den Weg zur Gestalt des integrirenden Moleküls oder wenigstens auf die einfachste Gestalt, welche man durch die mechanische Theilung erhalten kann, führen. Wenn man demnach ziemlich feine Instrumente hätte, um zu dem letzten Gliede dieser Theilung in einem Rhomboeder von kohlensaurem Kalke zu gelangen, so würde man noch ein ähnliches Rhomboeder erhalten, welches in einigen Fällen der Theilung nach gewissen Richtungen fähig wäre, worauf man nicht mehr wirken könnte, ohne die Kohlensäure von dem Kalke zu trennen. Bis jetzt gelang es bloß, aus den sechs festen Körpern, auf welche man die primitive Gestalt bezieht, nur drei Gestalten von integrirenden Molekülen oder einfacheren Körpern zu erhalten, das Tetraeder, das dreieckige Prisma und das Parallelepipedon.

Obgleich es nicht möglich ist, zu beweisen, daß die geometrischen Formen, um welche es sich handelt, die der Moleküle, auf welche die Aggregationskraft wirkt, zeigen, so kann man jedoch nicht läugnen, daß sie nicht sehr bedeutende Beziehungen zu den Gestalten der Elementarmoleküle haben, weil man in Gedanken die mechanische Theilung bis zur äußersten Gränze fortsetzen kann; d. h. bis zu dem Punkte, wo man nur die chemischen Kräfte zu überwinden hat, um die Elemente zu trennen.

3. Von dem Gesetze der Symmetrie.

Wenn man mit Aufmerksamkeit einen Krystall untersucht, so ist man von der Symmetrie der Modifikationen, welche die Kanten oder die Körperwinkel erleiden, überrascht; man erkennt bald das schöne

Gesetz des Haüy, das zur Grundlage der Ableitung der sekundären Gestalten durch die der primitiven Gestalt dient, d. h. daß in jedem Krystall die Theile, welche eine ähnliche Lage im Verhältniß zu den Achsen haben, auf dieselbe Art modifizirt sind: diese Modifikationen bestehen in mehr oder minder großen Facetten, welche die Kanten und die Ecken ersetzen; man kann sie auf vier Hauptfälle zurückführen: 1) die Kanten oder die körperlichen Ecken gleicher Art sind jedesmal auf dieselbe Weise, mit Ausnahme einiger seltenen Fälle, modifizirt; der Würfel, das Oktaeder, das Rhomboeder und die Säule mit quadratischer Basis sind Beispiele davon (Fig. 10, 20, 21); 2) die Kanten oder die körperlichen Ecken, welche keine ähnliche Lage haben, sind auf verschiedene Weise modifizirt, wie die rhombische Säule Beispiele davon gibt; 3) wenn eine Kante oder eine körperliche Ecke von Ebenen derselben Art gebildet werden, so bringen die Modifikationen dieselbe Wirkung auf jeder dieser Ebenen hervor. Wir finden diese Regel bei dem Würfel, wo, indem alle Flächen gleich sind, die Kanten immer von einer oder zwei Facetten modifizirt werden, welche zu den nebenliegenden Flächen gleiche Neigung haben. Es verhält sich ebenso mit den körperlichen Ecken. 4) Wenn eine Kante oder eine körperliche Ecke von Ebenen von verschiedenen Arten gebildet werden, so rühren diese Modifikationen von den Erscheinungen her, welche bei jeder von diesen Ebenen verschieden sind; diese Regel ist eine Folge aus dem Gesetze der Symmetrie; die Säule von quadratischer Basis ist ein Beispiel.

Zwei Gestalten derselben Art, welche nicht genau dieselben relativen Dimensionen haben, zeigen nicht dieselben Modifikationen; wie man es bei den geraden Säulen mit quadratischer Basis sieht. Wir wollen kurz die Modifikationen durchgehen, welche die bereits angeführten primitiven Gestalten erleiden, von

welchen eine große Anzahl Gestaltsveränderungen herrühren. Das Rhomboeder des kohlensauren Kalks zeigt zwei Arten von Kanten und zwei Arten von Winkeln: sechs Kanten, welche zu dreien an der symmetrischen Ecke auslaufen, und sechs gleichfalls ähnliche Seitenkanten; zwei gleiche Körperwinkel an den Enden der Achse und sechs Winkel von einer andern Art, alle unter sich gleich, welche auf der Seite um die Achse herumliegen. Es gibt demnach vier Arten von Modifikationen, welche sich selbst wieder modifiziren und eine große Zahl von Varietäten bilden können; so hat man bei dem kohlensauren Kalke schon wenigstens fünfzehnhundert Varietäten beobachtet. Die anderen primitiven Gestalten können gleichfalls zahlreiche Modifikationen aufweisen, welche aber immer dem Gesetze der Symmetrie unterworfen sind; demungeachtet gibt es Fälle, wo diese Modifikationen nichtsymmetrisch sind, und welche dem Physiker das größte Interesse bieten, sie zu studiren, denn in den Abweichungen der Natur kann man einige von den Ursachen auffassen, welche sie bei Hervorbringung der Erscheinungen ins Spiel setzt. Die Anomalien, welche nichtsymmetrische Modifikationen bilden, sind bis jetzt nur in den kubischen, rhomboedrischen und quadratisch-prismatischen Systemen beobachtet worden. In dem ersten finden wir das fünfseitige Dodekaeder, das Ikosaeder, das Triacondaeder und alle ihre Modifikationen. Das fünfseitige Dodekaeder besteht, wie sein Name anzeigt, aus zwölf Fünfecken, und unterscheidet sich sehr von ihrem geometrischen Dodekaeder, dessen Fünfecke regelmäßig sind und lauter gleiche Winkel von 108° haben, die Neigungen der Flächen sind gleich und haben 116° 32′ 32.″ In dem natürlichen sind die Flächen nicht regelmäßig, einer von den Flächenwinkeln ist ungefähr 121° 30′. Die beiden andern Winkel ungefähr 106° 37′, die beiden letzten 108° 38′. Die gegenseitige Neigung zweier benach-

barter Flächen ist bei den einen ungefähr 127°, bei den andern beinahe 113° 30′.

Dieser Körper wird von der Hälfte der Modifikationen, welche zu einem Polyeder mit dreieckigen Flächen führen, hervorgebracht. Das Ikosaeder der Mineralogie besteht aus zwanzig dreieckigen Flächen. In der Geometrie sind diese Dreiecke gleich und gleichseitig; in der Natur sind acht Dreiecke gleichseitig und zwölf Dreiecke gleichschenklig. Dieser Körper entsteht aus der Verbindung des regulären Oktaeders und des Pentagonal-Dodekaeders. Das Triacontaeder besteht in der Natur aus dreißig Vierecken, von denen sechs Rhomben sind und vierundzwanzig Trapeze; es ist das Resultat der Verbindung der Würfelflächen mit der Hälfte von denen, welche zu dem Achtundvierzigflächner führen; in der Geometrie besteht dieser Körper aus dreißig Rhomben. Diese Gestalten werden nicht von symmetrischen Modifikationen hervorgebracht; indessen können sie symmetrisch modifizirt werden und zu allen Formen Veranlassung geben, welche man von allen andern einfachen Körpern des kubischen Systems ableitet. Es gibt nichts Einfacheres, als zu sehen, wie das Ikosaeder in den Würfel, in den Rhombendodekaeder u. s. w. u. s. w. übergehen kann.

Es gibt andere symmetrische Mängel in dem kubischen Systeme, welche wichtig genug sind, um sie wegen gewisser physikalischen Eigenschafteu, deren Gegenstand der Krystall ist, kennen zu lernen.

Es ereignet sich manchmal, daß man bei dem einfachen oder bei dem an den Kanten modifizirten Würfel, Modifikationen von mehreren Facetten beobachtet, welche nur die Hälfte der Theile, auf welche sie wirken sollten, betreffen, und welche auf ein regelmäßiges Tetraeder oder auf einen Körper mit zwölf Fünfecken führen.

Bei dem Rhombendodekaeder sieht man manch-

mal die Hälfte der Winkel, welche von drei Flächen gebildet sind, von einer Facette modifizirt, welche abermals das Tetraeder hervorbringt, oder die Hälfte der Kanten sind von berührenden Facetten modifizirt, was auf das dreiseitige Dodekaeder führt. Eine dieser Modifikationen zeigt sich in dem Borazit (Taf. II. Fig. 20), dessen primitive Gestalt nach Hauy und nach den neuesten Beobachtungen Biots der Würfel ist. In den künstlichen Alaunkrystallen beobachtet man Berührungsmodifikationen, welche nur vier Kanten betreffen. In dem Säulensysteme mit quadratischer Basis gibt es wenige Beispiele von Unsymmetrie, noch weiß man es aber nicht gewiß. In dem rhomboedrischen Systeme finden wir zwei Ausnahmen von dem Gesetze der Symmetrie, wovon sich die eine auf den Quarz oder Bergkrystall, die andere auf den Turmalin bezieht.

Bei dem Quarze gibt es Krystalle, welche von Facetten modifizirt sind, welche sich einzeln gegen eine Ebene der Säule von links nach rechts wenden; in andern Krystallen von Facetten, welche von rechts nach links gehen: es ist klar, daß bei jedem Falle die Krystalle nur die Hälfte der Facetten zeigen, welche aus einer symmetrischen Modifikation entspringen. Es gibt auch Fälle wo die Krystalle mehrere Modifikationen derselben Art zeigen.

Bei dem Turmaline (Taf. II. Fig. 19) bestätigt sich das Unsymmetrische auf eine andere Art; die eine von den sechsseitigen Säulen zeigt beständig nur die Hälfte ihrer Flächen, so daß aus der Verbindung der zwei Säulen eine Säule mit neun Flächen entsteht. In andern Fällen, sind es Rhomboeder, die sich an einer der Ecken befinden, und welche an der andern nicht vorkommen, oder die Modifikation der Ecke besteht aus einer einzigen senkrechten Fläche, oder es sind Modifikationen auf den Durchschnittskanten einer von den Ecken mit den Ebenen.

Delafosse hat zu zeigen gesucht, daß in diesen verschiedenen Fällen, die Anomalien nur scheinbar wären, weil sie zu einer andern Ordnung von Phänomenen gehören, welcher man noch keine Aufmerksamkeit geschenkt habe. Wir wollen hier die Art seiner Ideen in dieser Beziehung angeben.

Nehmen wir Borazitkrystalle, welche Würfel sind, von welchen bloß vier ihrer Winkel bisweilen so modifizirt sind, daß an den Endpunkten einer Diagonale, einer von den Winkeln modifizirt ist, der andere nicht, was eine Unsymmetrie begründet, weil sie, da die beiden Winkel identich sind, zu gleicher Zeit modifizirt sein sollten. Um zu beweisen, daß das Gesetz der Symmetrie nicht verletzt sei, nimmt Delafosse an, daß der Würfel keine Würfel zu integrirenden Molekülen habe, aber wohl Tetraeder, welche in Reihen geordnet wären, so daß eine Grundfläche dem einen Körperwinkel und die Spitze dem gegenüberliegenden Winkel entspreche, welcher dadurch von einer dem ersten entgegengesetzten Art wäre. Wenn die Dinge sich so verhielten, so würde das Gesetz der Symmetrie nicht verletzt sein. Dasselbe Raisonnement kann auf die andern Gestalten angewandt werden, welche dem Gesetze der Symmetrie zuwiderlaufen.

Die Physiker müssen auf die Struktur des Wachsthums ihr Augenmerk richten, weil sie ihnen die Art und Weise offenbart, wie der Krystall seit dem Augenblick, wo er entstand, nach und nach zugenommen hat, bis er das Volumen erhielt, unter welchem man ihn sieht. Von dem Augenblicke, als sich ein krystallinischer Kern gebildet hat, nimmt er durch eine neue Aggregation von Partikelchen an Volumen zu, welche sich um diesen Kern gruppiren und dadurch die Masse unbestimmt vermehren.

Diese Zunahme geschieht manchmal auf eine regelmäßige Weise, wie man es Fig. 17 und 18, Taf. I.

sieht. Manchmal wird die Zunahme von Ursachen hervorgebracht, die uns entgehen, welche uns aber gestatten, die Veränderung der Zunahme an den Veränderungen der Gestalt zu erkennen. So sieht man z. B. Fig. 21, Tab. II. ein Oktaeder zu einem Würfel, sodann zu einem Dodekaeder, endlich zu einem Würfel werden. Die Natur zeigt uns ähnliche Erscheinungen, welche wir in unserem Laboratorien dadurch wieder hervorbringen, daß wir die Natur des flüssigen Körpers, in welchem sich die Krystallisation bewerkstelligt, verändern. Es ereignet sich manchmal, daß, obschon sich die Gestalt während der ganzen Dauer der Zunahme nicht verändert, doch solche Modifikationen zu gewissen Epochen in der Wachsthumsweise eintreten, daß sich die übereinanderliegenden Theile von einander entfernen können, wenn der Krystall gebrochen wird, wie man es Fig. 22, 22 bis und 23 Taf. II. sieht. Man findet derartige Beispiele bei dem Bergkrystall, dem Blei und dem Alaun. Die Ursachen, welche in diesen Fällen dazwischen kommen, sind der Art, daß es sich manchmal ereignet, daß Schichten von einem Zwischenraum, der mit einer Flüssigkeit angefüllt ist, getrennt sind. Dies finden wir in den Salpeter- und schwefelsauren Natronkrystallen, wenn die Lösung dieser Salze sehr concentrirt ist und die Krystallisation rasch vor sich geht.

4. Vom Isomorphismus und Dimorphismus.

Man hat vorher gesehen, daß alle Gestalten eines Stoffes, welcher demselben Krystallsysteme angehört, auf einen und denselben Typus zurückgeführt werden können, den wir als die primitive Form betrachtet haben. Aber in einigen Fällen kann eine Substanz zwei verschiedene Krystallsysteme haben; man zählt

ungefähr acht oder zehn, welche diese Eigenschaft besitzen. Es folgt daraus, daß das Gesetz des Hauy, einige Ausnahmen abgerechnet, stattfindet.

Mitscherlich lenkte zuerst die Aufmerksamkeit der Physiker auf diese Thatsache. Man hatte vor ihm bemerkt, daß der isländische Spath und der Arragonit, obgleich sie von derselben chemischen Zusammensetzung sind, nicht die nämliche primitive Gestalt haben; man schrieb diesen Unterschied Stoffen zu, welche in der Analyse des Arragonits entgingen. Daher vervielfältigte man die Versuche, um zu entdecken, welches wohl diese Stoffe sein könnten; aber man hörte sogleich auf, sich damit zu beschäftigen, als Mitscherlich den Dimorphismus entdeckt hatte, eine Eigenschaft, nach welcher sich die chemischen Elemente auf eine Art verbinden können, um Krystalle zu liefern, welche von zwei primitiven Formen herrühren, und den Isomorphismus, eine andere Eigenschaft, nach welcher zwei Verbindungen, welche aus verschiedenen Elementen bestehen, die nämliche Krystallgestalt annehmen. Wir wollen mit dieser den Anfang machen.

Man wußte schon lange, daß die einfachen und doppelten Sulfate des Kalis, des Ammoniaks, der Magnesia, des Eisenoxyduls und des Mangans dieselbe Gestalt annehmen. Mitscherlich untersuchte, ob es sich nicht ebenso mit den Verbindungen derselben Base mit anderen Säuren, welche dieselbe Zahl von Atomen enthalten, verhielte; man wußte auch nach den Untersuchungen von Berzelius, daß die Säuren, welche man vom Phosphor und Arsen erhält, eine analoge Zusammensetzung haben, und daß sich ihre Verbindungen mit den Basen nach demselben Gesetze richten: z. B. daß die Mengen Sauerstoff, mit welchen der Phosphor sich verbindet, um Phosphor- und phosphorige Säure zu bilden, genau die nämlichen sind, wie diejenigen, welche die Zusammensetzung der

Arsen- und arsenigen Säure bilden. Es folgt daraus, daß in den Verbindungen dieser Säuren mit den Basen jedes Arseniat sein ihm entsprechendes Phosphat hat, welches nach den nämlichen Verhältnissen zusammengesetzt ist, sich mit denselben Atomen Krystallwasser verbindet, und die nämlichen physischen Eigenschaften besitzt. Es findet demnach Identität in diesen zwei Gruppen Statt. Außer daß das Radikal der Säuren der einen von ihnen Phosphor ist, während das der andern Arsen ausmacht. Indem man zu den beiden Säuren, von denen wir so eben sprachen, kohlensaures Natron im Ueberschuß hinzuthut, so erhält man Krystalle, in welchen sich der Sauerstoff der Base zu dem der Säure = 2 : 5 verhält. Das Biarseniat und das Phosphat des Kali's, welche daraus entstehe, nehmen dieselbe Gestalt an; sie ist eine Säule mit quadratischer Basis und endigt sich in Oktaederflächen mit quadratischen Grundflächen; die Winkel sind dieselben in beiden Säulen. Dieses Beispiel des Isomorphismus ist auffallend.

Auf der andern Seite liefern die Magnesia, das Eisenoxydul, Manganoxydul und das Zinkoxyd dieselbe Krystallgestalt, wenn sie sich mit den nämlichen Säuren in demselben Verhältnisse verbinden, was beweist, daß zwei Substanzen, welche dieselbe atomische Zusammensetzung haben, auf dieselbe Weise krystallisiren; aber dieser Schluß ist nicht ganz richtig, denn das Phosphat und das neutrale Arseniat des Natron zeigen, indem sie beinahe identische Gestalten besitzen, eine kleine Differenz in den Winkeln: welcher Ursache muß sie zugeschrieben werden? Wir werden bald sehen, wo sie herrühren kann; man hat daraus geschlossen, daß die Gestalt eine Folge der atomischen Zusammensetzung sein könne, diese Regel hat demungeachtet Ausnahmen, weil das Biarseniat und das Biphosphat des Natron bei demselben Sättigungsgrade, und wenn sie mit denselben Verhältnissen

Wasser verbunden sind, verschiedene und unvereinbare Krystallgestalten annehmen. Folgende Körper sind isomorph: 1) der Sauerstoff, der Schwefel, das Selen; 2) das Fluor, das Brom, das Chlor, das Jod; 3) der Phosphor und das Arsen; 4) das Eisen, das Aluminium, das Silicium, der Kohlenstoff und das Magnesium. Es geht aus den vorhergehenden Betrachtungen hervor, daß der Kalk, die Magnesia, das Mangan- und Eisenoxydul, das Kupfer-, Zink-, Kobalt- und Nickeloxyd zu einer und derselben isomorphen Gruppe angehören, weil ein Atom Metall mit zwei Atomen Sauerstoff verbunden ist. Der Baryt, der Strontian, das Bleioxyd gehören ebenfalls einer isomorphen Gruppe an. Aus demselben Grunde sind die Krystallgestalten der Sulfate des Baryts, des Strontians ähnlich, wenn man jedoch nicht die Wahrheit aus dem Gesichte verliert, daß die Gestalten die nämlichen sein können, ohne daß eine vollkommene Gleichheit in den entsprechenden Winkeln stattfindet. Wir wollen einige Beobachtungen in dieser Beziehung mittheilen, welche für den Leser nicht ohne Interesse sein werden.

Beudant und Mitscherlich haben beobachtet, daß die Körperwinkel des isländischen Spathes, welcher 105° 5′ beträgt, in Stufen verschieden sei, welche mehr oder weniger Carbonate von Magnesia, Eisen, Mangan enthalten; daß der Winkel in dem Verhältnisse zunehme als die Quantität der beiden ersten größer wurde und dafür die des zweiten sich vermindert. Die bis jetzt angestellten Beobachtungen suchen zu beweisen, daß der Werth des Winkels das Mittel der Winkel von den Carbonaten ist, welche einzeln betrachtet werden, und daß er der Größe eines jeden von ihnen proportional ist. Betrachten wir z. B. ein Carbonat, welches fünf Partikelchen kohlensauren Kalk und ein einziges Partikelchen kohlensaures Eisen enthält; der Körperwinkel des Krystalls ist der sechste

Theil der Summe, welche von den fünf Winkeln von 105° 5′ und einem Winkel von 107°, dem Winkel des kohlensauren Eisens gebildet wird, d. h. 103° 24′ 10″. Man hat nur zwei Ausnahmen von dieser Regel gefunden, überdies glaubt man, daß es ein Gemeng und keine Verbindung sei.

Wir haben den Isomorphismus so dargestellt, wie man ihn bis jetzt betrachtet hat; aber die Untersuchungen Kopps über die Constitution der festen und liquiden Verbindungen, nach den Volumina, sind der Art, daß sie unsere Begriffe in dieser Beziehung modifiziren, indem sie uns zeigten, daß die isomorphen Stoffe alle ein und dasselbe specifische Volumen haben, daß eine Differenz zwischen den specifischen Volumen nothwendig eine in den Krystallgestalten mit sich führe, und daß der Isomorphismus nicht von der Zahl der Atome, welche zu einer Verbindung kommen, abhänge, wohl aber von dem Volumen, welches sie in dieser Verbindung einnehmen. Wir wollen die Betrachtungen anführen, auf die sich Kopp stützt, um diese verschiedenen Principien zu begründen: er zeigt, daß einem Unterschied in den specifischen Volumina eine Variation in der Krystallgestalt entspricht. Wir wollen die natürlichen Carbonate von Baryt, Strontian, Blei und den Arragonit nehmen und ihr specifisches Volumen bestimmen. Die Dichtheit dieser Substanzen wurden von Mohs, Karsten und von Breithaupt gefunden, man erhält:

Stoffe		Verhältniß der Achsen unter sich	Specifisches Volumen.
BaO,CO^2	a : b : c =	0,7413 : 1 : 0,5950	286,72
SrO,CO^2	. . . =	0,7237 : 1 : 0,6096	255,53
PbO,CO^2	. . . =	0,7256 : 1 : 0,6100	259,50
CaO,CO^2	. . . =	0,7205 : 1 : 0,6215	213,48

Diese Resultate zeigen uns, das die Carbonate des Bleis und des Strontians, deren Isomor-

phismus beinahe vollkommen ist, nahezu dasselbe specifische Volumen haben, während es sich bei den beiden andern Carbonaten nicht so verhält. Wir sehen außerdem, daß eine Zunahme des specifischen Volumens von einer Zunahme der Achse a und einer Verminderung der Achse c begleitet ist.

Man kann ferner dieses Verhältniß zwischen der Krystallgestalt und dem specifischen Volumen in den Carbonaten, welche die Gestalt des Kalkspaths, das Rhomboeder, haben, mit diesem Unterschiede jedoch nachweisen, daß die Achsen und die Winkel eines jeden Rhomboeders nicht die nämlichen sind. Wir wollen hier besonders die Carbonate des Zinks und der Magnesia, des Eisens und des Mangans u. s. w. anführen, in denen eine Vermehrung des specifischen Volumens von einer Ausdehnung der Achse a begleitet ist. Wenn man einen von den Krystallen erwärmt, so beobachtet man eine ähnliche Erscheinung; d. h. die Achse a verlängert sich und der große Winkel wird minder stumpf. Die Identität ist bei den Erscheinungen so, daß der Kalkül 7′ 37″, für die Veränderung des Winkels von 104° 57′ 22″ bei 100° der Temperatur gibt, während Mitscherlich durch die Beobachtung 8° 34′ gefunden hat; wenden wir die vorhergehenden Betrachtungen auf den Isomorphismus an. Man findet allgemein, daß in den analogen Verbindungen die constituirenden Theile selbst isomorph sind. So hat man den Isomorphismus des Zinns und des Titans einzig und allein angenommen, weil SnO^2 und TiO^2 isomorphe Verbindungen sind. Kopp theilt diese Ansicht nicht. Nach ihm können zwei Substanzen isomorphe Verbindungen bilden, ohne daß diese Substanzen es selbst sind; es ist allein nöthig, daß die Verbindungen gleiche specifische Volumina oder beinahe die nämlichen haben. Um zu wissen, wie weit dieses Princip gegründet ist, sucht er die wirkliche Differenz der

specifischen Volumina zweier Substanzen, um zu sehen, in welchem Falle sie außer Acht gelassen werden könne. Indem er durch v und v' die specifischen Volumina zweier Substanzen und durch D ihre wirkliche Differenz bezeichnet, so setzt er

$$D = \frac{v - v'}{\frac{1}{2}(v + v')}$$

weil er diese Differenz als den Quotienten der Division der absoluten Differenz der Volumina durch das arithmetische Mittel dieser Volumina betrachtet. Wir geben hier die berechneten Differenzen für mehrere Fälle des Isomorphismus:

Für das Chromoxyd (spec. Vol. = 186) und das Eisenoxyd (spec. Vol. = 184) hat man D = 0,018.

Für das Zinnoxyd (spec. Vol. = 133) und das Titanoxyd (spec. Vol. = 121), hat man D = 0,095.

Für das Eisenoxyd (spec. Vol. = 184) und den Ilmenit (spec. Vol. = 197), hat man D = 0,068.

Für das Sulfat des Kali (spec. Vol. = 420) und das Chromat des Kali (spec. Vol. = 462), hat man D = 0,095.

Für das Wolframat des Bleis (spec. Vol. = 358) und das Wolframat des Kalks (spec. Vol. = 305) hat man D = 0,163.

Für das Carbonat des Zinks (spec. Vol. = 177) und den Kalkspath (spec. Vol. = 232), hat man D = 0,269.

Für den Arragonit (spec. Vol. = 211) und das Carbonat des Baryts (spec. Vol. = 294), hat man D = 0,328.

Man sieht, daß im Allgemeinen der Werth von D wenig beträchtlich ist, und daß die größeren Differenzen einerseits von dem Carbonat des Zinks und dem Kalkspath, andererseits von dem Arragonit und dem Carbonat des Barits geliefert wurden. Daher betrachten sie dieselben als die Gränzen von

denjenigen, welche man erhalten muß, damit es einen Isomorphismus zwischen zwei Substanzen gebe. Kopp's analytische Deduktionen zeigen ferner, daß es vorkommen kann, daß Substanzen, die nicht isomorph sind, isomorphe Verbindungen bilden; darum muß das specifische Volumen der Verbindungen dasselbe sein; die Silbersalze z. B. sind isomorph mit den Natronsalzen, und doch ist das Silber nicht isomorph mit dem Natrium, und das specifische Volumen des ersten ist 130 und das des zweiten 299; es findet zwischen den beiden Volumina eine zu beträchtliche Differenz Statt, als daß Isomorphismus stattfinden könne. Dies geht nach Kopp aus dem hervor, daß das Natrium in seinen Verbindungen nicht mit seinem ursprünglichen specifischen Volumen enthalten ist. Man muß demnach voraussetzen, und zum specifischen Volumen des Natriums in den Salzen, welche von diesem Metall gebildet werden, dieselbe Zahl annehmen, welche uns das specifische Volumen des Silbers angibt. Man sieht daraus, wie die analogen Silber- und Natronsalze dasselbe specifische Volumen besitzen können, ohne daß die Metalle die nämliche Eigenschaft haben.

Wir verweisen auf die Denkschrift Kopp's, in welcher man eine große Anzahl von Thatsachen findet, welche seine theoretischen Ansichten unterstützen. Wir glauben, daß die neuen Ansichten, welche er vor Kurzem über den Isomorphismus darlegte, so beschaffen sind, daß sie von den Physikern und den Chemikern in Betracht gezogen zu werden verdienen; wir gehen zum Dimorphismus über.

Man hat bereits gesehen, daß der kohlensaure Kalk und der Schwefel ein jeder in zwei verschiedenen Systemen krystallisirte, d. h. Krystallgestalten liefern, welche nicht von einer primitiven Gestalt abgeleitet werden können. Wir könnten andere Beispiele anführen, welche beweisen, daß ein und derselbe Kör-

per nicht immer die nämliche Anordnung hat; aber wir wollen zuerst von dem Dimorphismus des geschmolzenen Schwefels und dem Quecksilberjodür sprechen. Der Schwefel, welcher sehr flüssig ist, wenn er nahe daran ist, rasch zu krystallisiren, wird, ohne merkbare Klebrigkeit zu erhalten, stark klebrig, wenn man ihn weit über den Grad hinaus erhitzt, wo er krystallisirt. Man kann sich nicht enthalten, hier anzuerkennen, daß der Dimorphismus des Schwefels nur von der Temperatur herrühre, bei welcher diese Substanz in dem oktaedrischen und in dem prismatischen Systeme krystallisirte. Das rothe Quecksilberjodür, welches auf die Temperatur von 150 bis 200 Grad gebracht wird, nimmt eine citrongelbe Farbe an; wenn man dieses gelbe Jodür der gewöhnlichen Temperatur überläßt, so erhält es seine ursprüngliche rothe Farbe wieder, und die Krystalle werden undurchsichtig, während sie vorher durchscheinend waren. In diesen verschiedenen Veränderungen verliert die Verbindung keinen ihrer Stoffe: man muß demnach annehmen, daß eine Abwechslung in der Anordnung der Moleküle und folglich eine Modifikation in dem Krystallsysteme stattgefunden habe. Es gibt eine große Anzahl von Substanzen, wie z. B. der Zucker, die arsenige Säure u. s. w., deren molekulare Anordnung sich mit der Temperatur ändert. Wir haben merkwürdige Beispiele von Dimorphismus in der Kohle und dem Diamant, bei denen die constituirenden Stoffe dieselben sind, und doch der eine schwarz und der andere durchscheinend ist.

Wir haben bereits von dem Dimorphismus des kohlensauren Kalks gesprochen, indem wir den isländischen Spath und den Arragonit anführten, welche nicht dieselbe ursprüngliche Gestalt haben; wir fügen hinzu, daß man diese beiden Substanzen auf ein und dasselbe Krystallsystem durch eine Temperaturveränderung zurückführen könne. Wenn man einen Arra-

gonitkrystall stark erhitzt, so vernimmt man ein Knistern, welches eine Veränderung in dem molekularen Zustande dieser Substanz anzeigt, welche alsdann in das rhombische System übergeht. Die Beispiele, die wir so eben gegeben haben, reichen hin, um den Dimorphismus zu charakterisiren. Es folgt jedoch aus den Thatsachen, welche wir soeben mitgetheilt haben, daß eine und dieselbe Substanz, welche aus denselben Elementen besteht, die in denselben Verhältnissen verbunden ist, zwei verschiedene Gestalten annehmen könne, wenn nur besondere Umstände einen Einfluß in dem Akte der Krystallisation äußern.

5. Theoretische Ansichten über die Struktur der Krystalle.

In allem, was bis jetzt in Beziehung auf die krystallinische Constitution der unorganisirten Körper gesagt worden ist, haben wir uns darauf beschränkt, Thatsachen zu berichten, welche wir, so weit es uns nur möglich war, geordnet haben, ohne auf die Ursachen zurückzugehen, welche sie erzeugt haben; so haben wir bei der Untersuchung über die Struktur der Krystalle damit angefangen, zu zeigen, wie man die Winkel eines Krystalls messen könne, worin das Gesetz der Symmetrie bestehe, wie man die primitive Gestalt sowie die des integrirenden Moleküls oder der einfacheren Gestalt entweder durch Spaltung oder eine rasche Abkühlung oder mit Hülfe der Streifen oder des Lichtes gewinnen oder bestimmen könne, ohne uns damit zu beschäftigen, auf welche Art dieses Molekül auf der primitiven Gestalt Platz genommen habe, um alle sekundären Gestalten hervorzubringen.

Diese letzte Frage hat Hauy zu lösen versucht, indem er sich auf die Thatsachen, welche wir auseinander gesetzt haben, und auf Principien stützt, welche wir sogleich angeben wollen.

Nachdem Hauy bemerkt hatte, daß die Lamellen, welche bei der Spaltung eines Krystalls, eines Flußspathwürfels z. B., weggenommen worden sind, um zur primitiven Gestalt zu gelangen, auf eine progressive Weise in dem Maße, als man sich dem Kern nähert, an Größe zunehme, so schloß er daraus, daß, um von den primitiven Formen zu den sekundären überzugehen, die Erscheinungen dieselben wären, wie wenn sich die Lamellen in dem Verhältnisse, als sie sich vom Kern durch die Wegnahme einer oder mehrerer Reihen von Molekülen entfernen, abstufen, da die Ränder dieser Lamellen immer in derselben Ebene liegen und daß, da diese Ränder einander sehr nahe liegen, im Ganzen die sekundären Krystallflächen constituiren müssen. Die parallelen Streifen, welche häufig auf diesen Flächen beobachtet wurden, beweisen wirklich das Dasein dieser Ränder und folglich das der Abstufungen. Diese Beobachtungen, welche man häufig zu bestätigen Gelegenheit hat, streben dahin, die theoretischen Ansichten Hauy's zu rechtfertigen, vermöge welcher die Krystallisation damit beginnen müßte, einen Kern zu erzeugen, welcher demjenigen vollkommen ähnlich ist, den man durch die mechanische Theilung erhalten hat, und daß dieser Kern sich nachher durch eine schwindende Uebereinander-Schichtung von Lamellen vergrößere, welche denjenigen ähnlich sind, welche die mechanische Theilung liefert. Nach dieser Ansicht, die bei der Prüfung gewinnt, würden die sekundären Krystallflächen nur die Summe der Linien sein, welche aus der geraden Lage der Moleküle entspringen, die übereinanderliegende Lamellen bilden, welche, entweder auf den Seiten oder nach den Diagonalen oder andern Richtungen, die von der Art der Uebereinanderlegung der Lamellen und der Flächenwinkel bestimmt sind, Abstufungen erlitten haben.

Es ist unmöglich, sich hier in alle Entwicklungen

einzulassen, welche nothwendig sind, um vollständig alles das zu erklären, was man unter Abstufungen versteht. Diese Entwicklungen finden natürlicherweise ihre Stelle in der Krystallographie. Wir müssen uns darauf beschränken, hier die allgemeinen Principien der Theorie auseinander zu setzen und zu zeigen, wie in den Hauptfällen die Gruppirung der integrirenden Moleküle um den primitiven Kern vor sich geht, um die sekundären Gestalten hervorzubringen. Diese Theorie, deren Folgerungen man nicht zu weit treiben darf, muß dennoch die Aufmerksamkeit des Physikers auf sich ziehen, welcher manchmal im Stande ist, zu prüfen, ob die Basis, auf denen sie beruht, ganz richtig ist. Wir wollen einige Beispiele über Abstufung erstlich an den Rändern und dann an den Winkeln anführen.

Beispiele von Abstufung an den Seiten.

Nehmen wir zur primitiven Form eine gerade symmetrische Säule mit quadratischer Basis (Taf I. Fig. 13). Wenn man annimmt, daß Lamellen auf der Grundfläche ABCD Fig. 17 gelegt seien, indem sie eine Abstufung an den Rändern, welche für alle dieselbe ist, erleiden, so hat dieselbe Lamelle an jedem Rande eine oder mehrere Reihen weniger, als wenn das Prisma nach der Höhe zu wachsen fortgefahren hätte; die zweite Reihe wird in Beziehung auf die erste dieselbe Abstufung, wie diese in Beziehung auf den Kern erleiden; daraus entspringt augenscheinlich auf der oberen Fläche eine gerade vierseitige Pyramide, deren Flächen durch die hervorspringenden und eingehenden Winkel unterbrochen werden; da aber die Moleküle eine außerordentliche Dünnheit haben, so kann das Auge diese Vereinigung nicht bemerken und die Flächen werden eben erscheinen. Jede Fläche, welche in Beziehung auf die Achse ähnlich liegt, wird dieselben Modifikationen erleiden,

wie die untere Fläche und gleichfalls eine Pyramide hervorbringen; die Vereinigung zweier Pyramiden bildet ein Oktaeder. Auf der andern Seite hindert gar nichts, daß die Dicke jeder Lamelle das Doppelte, das Dreifache von der eines Moleküls sei, und daß es sich mit der Differenz der Breite so verbinde, daß die Wirkung der Abstufung immer eine Pyramide ist. Fig. 18. Taf. I. zeigt zwei Abstufungen an den Rändern des Würfels, woraus ein Dodekaeder mit Fünfecken entsteht, wie wir ein Beispiel an dem Schwefeleisen haben. Die erste Abstufung findet nach zwei Ordnungen in der Breite parallel mit zwei entgegengesetzten Rändern Statt; die zweite nach zwei Ordnungen in der Höhe parallel mit zwei andern Basen derselben Fläche. Ueberdies wirkt jede Abstufung auf die verschiedenen Flächen des Würfels, nach drei unter sich senkrechten Richtungen. Wir wollen uns in keine Ausführlichkeit über die Formen einlassen, welche man erhält, wenn die Abstufung nach einer, zwei, drei Reihen von Molekülen entweder in die Höhe oder in die Breite vor sich geht, wir verweisen deßwegen auf specielle Werke, in welchen man die geeigneten Entwicklungen finden wird, was für uns kennen zu lernen von Wichtigkeit ist, sind die Principien.

Beispiele von Abstufung an den Winkeln.

Nehmen wir abermals eine gerade symmetrische Säule mit quadratischer Basis, bei welcher man annehmen kann, daß sie in eine Menge kleiner Quadrate getheilt sei, welche die äußeren Facetten von eben so vielen abgezogenen Molekülen sind; denkt man sich eine Reihe von Lamellen, welche auf dieser Basis zu einer Säule angehäuft sind, und sich gegen ihre vier Winkel um eine Reihe abstufen, so hat man folgende Anordnungen: Fig. 15 gegen den Winkel D wird das Molekül a fehlen, die zweite Reihe wird um die zwei

Moleküle b und k weniger haben, als die erste; die dritte wird drei Moleküle c, u, l weniger haben u. s. w.; die Fläche wird anstatt kehlartig gefurcht zu sein, wie bei dem Abstufungsfalle an den Rändern, voll kleiner Punkte sein, welche dem Gesichte wegen ihrer Kleinheit entgehen, und eine stetige Ebene bilden. Wenn die Abstufung nach einer einfachern Reihe vor sich geht, so gelangt man zu einem Dodekaeder. Wenn sie nach zwei oder nach drei Reihen vor sich geht, oder wenn die Abstufung zwischenliegend und das Molekül, welches die Funktion eines abnehmenden Moleküle versieht, eine Verbindung von zwei oder drei einfachen Molekülen ist, so wird man auf Formen geführt, die man sich leicht erklären kann, wenn man nur einige Begriffe von Geometrie hat. Wir verweisen ebenfalls auf die Abhandlungen über die Krystallographie, in Beziehung auf alles das, was diese Formen und den Kalkül anbetrifft, welche zur Bestimmung der Neigung der Flächen dienen.

Betrachtungen über die Theorie der Abstufugen.

Hauy's Theorie beruht theils auf Thatsachen, theils auf Hypothesen, welche man nicht völlig annehmen kann; um z. B. Abstufungen in ganzen Zahlen von Molekülen, entweder an den Winkeln oder an den Flächen, zu erhalten, so muß man zu primitiven Formen und zu integrirenden Molekülen Körper annehmen, deren Flächenneigungen und Dimensionen das Ziel zu erreichen gestatten. Man muß zugeben, daß die Neigungen nicht immer mit den Versuchen übereinstimmen. So lange als Hauy nur grobe Goniometer anwandte, welche nur Resultate gaben, die Fehler von $\frac{1}{2}$ Grad, ja sogar von 1 Grad betrugen, vermuthete er immer, daß es eine vollkommene Uebereinstimmung zwischen den Deduktionen des Kalküls und den Resultaten des Versuchs

gebe. Es verhielt sich aber nicht mehr so von dem Augenblicke an, als man das Maß der Krystallwinkel sehr genauen Apparaten unterwarf. Besonders vermittelst des Repetitionskreises fand Malus, daß die größte Neigung der Flächen des primitiven Rhomboeders von dem kohlensauren Kalke 105° 5′ betrug, ein Werth, welchen Wollaston mit seinem Reflexionsgoniometer gleichfalls erhalten hat.

Hauy gab aus geometrischen Betrachtungen und indem er alle einfache Gesetze der Abstufung berücksichtigte, vermöge welcher eine gewisse Anzahl sekundärer Krystalle des kohlensauren Kalkes gebildet werden, dieser Neigung einen Werth von 104° 28′ eine Differenz von 37′ mit dem vorhergehenden; dieser Unterschied, der nicht wenig dazu beitrug, Zweifel auf einige Angaben der Theorie zu werfen, schrieb Hauy den Ungleichheiten zu, welche sich auf den Oberflächen befinden. Die jetzigen Physiker, welche durch zahlreiche Versuche belehrt wurden, haben darum doch den von Wollaston und Malus bestimmten Winkel als den Repräsentanten der größeren Neigungen der beiden Flächen des primitiven Rhomboeders des kohlensauren Kalkes angenommen. Wie dem nun auch sei, die Theorie der Abstufungen erklärt eine große Zahl von Thatsachen; sie stimmt vollkommen mit dem Gesetze der Symmetrie überein, einem Gesetze, vermöge dessen alle Theile einer primitiven Form, Winkel und Kanten, die in Beziehung auf die Achse ähnlich liegen, dieselben Modifikationen erleiden, d. h. daß die verschiedenen Flächen der primitiven Form, welche identisch, gleich und ähnlich sind, sich miteinander in den Abstufungen assimiliren müssen, welche die übereinandergelegten Lamellen erleiden, von denen sie bedeckt werden. Wir beendigen das, was wir über die Abstufungen zu sagen haben, damit, daß wir zeigen, wie sie sich mit der Struktur verbinden. Man hat vorhergesehen, daß ein Krystall,

wie dick er auch sein mag, durch die Spaltung oder irgend ein anderes Mittel entweder physisch oder analytisch eine primitive Form gebe, welche gewiß nicht diejenige ist, nach welcher die Natur gewirkt hat; man kann alsdann die Frage aufwerfen, an welchem primitiven Kerne die Abstufung begonnen habe. Um diese Frage zu beantworten, ist es hinreichend, mit Aufmerksamkeit die Krystalle einer und derselben Substanz zu untersuchen und die fortschreitende Entwicklung derselben zu verfolgen, bis sie einen großen Anwachs erhalten haben. Man sieht bald, daß die Anordnung der Moleküle, bei welcher die Formation der Krystalle begonnen hat, schon gleichsam verjüngt diejenige zeigte, welche in den umfangreichsten vorkam. Der Krystall hat also nichts gethan, als sich mit Beibehaltung derselben Form zu vergrößern. Ein Beispiel wird hinreichen, um zu zeigen, wie Hauy es ansah, wie die Sachen vor sich gehen. Nehmen wir das Dodekaeder mit ebenen Rhomben, welches vom Würfel herrührt. Man kann annehmen, daß der Kern dieses Dodekaeders im ersten Augenblicke seiner Entstehung der kleinste gewesen ist, welcher aus der Vereinigung einer ungeraden Anzahl von kubischen Molekülen entstehen konnte (Taf. II. Fig. 26), in welchem Falle er aus siebenundzwanzig Molekülen bestehen mußte, und daß jede von seinen Flächen eoi neun kleine Quadrate enthalte, welche die äußeren Flächen eben so vieler Moleküle waren; und wenn wir sechs neue Moleküle hinzuthun, wie z. B. m, welche einzeln auf die Quadrate in der Mitte hinzugethan werden, so haben wir die Anordnung, welche die Figur zeigt und welche schon beim Anfange die Erscheinung der Abstufung durch eine Reihe an den Rändern zu erkennen gibt. In dem folgenden Augenblicke, wo sich neue Moleküle um das bereits gebildete Dodekaeder reihen, bekommt man einen Kern, welcher eine Vereinigung von hundert fünfundzwanzig

Moleküle &c. ist. Man sieht hieraus, daß bei dem Uebergange eines Glieds in das andere die erste Lamellenschichte der integrirende Theil in dem Kerne wird, welcher diesem Gliede entspricht; jede andere Lamelle wächst durch Hinzufügung einer Reihe von Molekülen auf jeder dieser Lamellen und so fort.

Die Beobachtung unterstützt die Ansichten, welche man soeben über die Art und Weise vorgetragen hat, wie das Wachsthum der Krystalle vor sich geht. Wir haben den Beweis davon in gewissen prismatischen Quarzkrystallen, welche etwas über der Grundfläche einer ihrer Pyramiden abgebrochen worden sind. Man bemerkt concentrische Schichten von verschiedenen Färbungen, welche stufenweise zur Vermehrung des Volumens beigetragen haben. Man findet ebenfalls prismatische Krystalle von kohlensaurem Kalke, deren Basis durch concentrische Sechsecke bezeichnet ist, welche Spuren von Wachsthum in die Dicke zeigen. Man sieht demnach, daß der Krystall, indem er bei einem für unsere Augen unsichtbaren Embryo beginnt, durch eine Aufeinanderschichtung von Hüllen zunimmt, welche auf einander folgen, und die Züge der Urform beibehalten; demnach nimmt die Wirksamkeit der Natur ihren Ursprung im Mittelpunkte des Krystalls. Wenn die Theorie annimmt, daß sie von der Oberfläche des Kerns ausgeht, so rührt dies daher, daß sich unser Geist um so lieber mit dieser Ansicht vereinigt, daß aus ihr die ächten Principien der Theorie hervorgehen, deren Zweck darin besteht, unsere Geometrie auf die der Natur anzuwenden.

6. Von den Formen, welche sich von der krystallinischen Regelmäßigkeit entfernen, um in den amorphen Zustand zu gelangen.

Sobald als die Kräfte, nach welchen sich die reguläre Gruppirung der Moleküle richtet, nicht mehr

in voller Freiheit wirken, so verwischen sich nach und nach die Krystallflächen und werden endlich undeutlich. Bei dem regulären Oktaeder z. B. sieht man manchmal vier Flächen so zunehmen, daß die vier anderen Flächen auf sehr kleine Dreiecke reduzirt sind; ein anderes mal erweitern sich nur zwei Flächen. Das Rhombendodekaeder zeigt uns analoge Variationen, so wie das Dodekaeder des Rubins und Diamants.

In dem rhomboedrischen Systeme bemerkt man ebenfalls eine große Zahl von mehr oder minder merkwürdigen Verlöschungen. Man findet z. B. Rhomboeder, welche an der Spitze von so breiten Flächen abgestumpft werden, daß der Körper auf eine Lamelle reduzirt wird, welche an ihren Rändern zugeschärft ist. Bei den Säulen, welche von dreieckigen Dodekaedern begränzt sind, trifft man eine große Anzahl von Variationen an. Manchmal sind vier Flächen der Piramide auf sehr kleine Dreiecke reduzirt und manchmal verschwinden sie auch, so daß der Krystall Quarzfragmenten gleicht. Wir könnten noch eine große Anzahl von Variationen anführen, welche so abgeplattete Krystalle liefern, daß man die primitive Formen derselben nicht mehr erkennt. Man sagt alsdann, daß die Substanz lamellenförmig ist. Diese Lamellen sind Rhomboeder, Prismen von jeder Art, die im Verhältniß zu ihrem Diameter mehr oder minder lang sind. Wenn dieser Diameter sehr klein ist, und wenn die Säulen eine große Länge haben, so sagt man alsdann der Körper sei haarförmig. Jedesmal, wenn die Kanten oder die Körperwinkel von Krystallen, von einer großen Anzahl sehr aneinanderliegenden Flächen modifizirt werden, so scheinen sich die Flächen abzurunden, und man erhält nur noch linsenförmige Sphäroide, welche mehr oder weniger an den Typus erinnern. Die sphäroidische Form rührt im Allgemeinen von dem kubischen Systeme

oder von Krystallen anderer Systeme her, die denselben nahe kommen; manchmal gehören sie den verkürzten, verlängerten Oktaedern an: es entstehen alsdann irreguläre Formen daraus, wie der Diamant uns ein Beispiel davon gibt. Die eiförmige Gestaltung beobachtet man an den ungleichseitigen Dodekaedern, welche an der Spitze durch ein Rhomboeder, und an den Seitenwinkeln von prismatischen Flächen modifizirt sind. Die cylindrischen Modifikationen rühren von prismatischen Krystallen mit sechs, acht und zwölf Flächen her. Die linsenförmigen Gestaltungen rühren von sehr abgeplatteten symmetrischen Krystallen her. Was die Krystalle mit hohlen Flächen anbetrifft, so kommen sie zum Vorscheine, wenn ihre Kanten allein deutlich gebildet sind. Außer den so eben angegebenen Modifikationen, gibt es noch andere, welche der Physiker, wegen des Einflusses den sie auf die optischen Eigenschaften der Krystalle haben, mit welchen wir uns später beschäftigen werden, kennen lernen muß. Wir wollen nun von den Krystallgruppen sprechen.

Die Krystalle werden selten isolirt angetroffen, man findet sie beinahe immer auf verschiedene Weise gruppirt; in manchen Fällen gruppiren sie sich auf eine symmetrische Weise und alsdann gehorcht die Gruppirung noch dem Gesetze der Symmetrie. Wir führen hier die Gesetze an, welche in dieser Beziehung von Hauy beobachtet wurden.

Die Verbindungsebenen zweier Krystalle sind immer parallel mit Flächen, welche existiren, oder welche möglich sind, d. h. sie vereinigen sich nach einer Ebene, welche in den beiden Krystallen vorkommt. Dieser Fall wird nicht allein bei Krystallen derselben Art bemerkt, sondern auch bei verschiedenartigen Krystallen; ebenso wenn ein Salz an den Wänden eines Gefäßes krystallisirt, so adhärirt es immer an diesen Wänden nach einer der Flächen, welche es

besitzt oder besitzen kann. Es ereignet sich häufig, daß die Flächen zweier gruppirten Krystalle, ein so großes Wachsthum erhalten, daß sie durch ihren gegenseitigen Druck zurückgedrängt zu sein scheinen. Es findet jedesmal Symmetrie in der Gruppirung Statt, wenn die Krystalle sich an Flächen und homologen Seiten von derselben Größe ausdehnen.

Man unterscheidet zwei Arten von Gruppirungen, die direkten und die umgekehrten Gruppirungen. Um die erste Gruppirung zu begreifen, muß man den Krystall in eine gewisse Lage versetzt denken, und einen andern, welcher sich mit ihm verbindet, indem er sich genau in dieselbe Lage stellt. Die zweite Gruppirung findet Statt, wenn z. B. eine rhombische Säule sich in Beziehung auf eine andere Säule in umgekehrter Lage befindet. In der verkehrten Gruppirung hat die zweite Säule eine Lage, wie wenn sie, indem sie sich zuerst in der nämlichen Lage befand, eine halbe Umdrehung gemacht hätte, welche die obere Fläche nach unten und die untere nach oben gebracht hat. Dieser Krystall kann nur eine halbe Umdrehung machen, denn wenn es sich anders verhielte, so würden sich die Krystalle kreuzen oder sich wieder in direkter Lage befinden. Indem man aufmerksam diese regulären Gruppirungen bei zwei Krystallen untersucht, so findet man, daß die Sachen so vor sich gehen, wie wenn ein entzwei geschnittener Krystall eine von den Hälften nach der andern gedreht hätte, indem er eine halbe oder Sechstelswendung macht.

Die Gruppirungen unterscheiden sich durch die einspringenden Winkel der Krystalle; demungeachtet gibt es Krystallgruppen, die keine einspringenden Winkel haben; man kann sie in diesem Falle nur durch den Mangel an Symmetrie, durch Spaltung und die optischen Erscheinungen erkennen. Die Krystallgruppen, wie man so eben gesagt hat, heißt man

Kreuzsteine. Hauy nennt sie Hemitropen, weil nach ihm zur Zeit ihrer Bildung die Sachen so vorgegangen sind, als ob eine von den Hälften des Krystalls auf der andern eine Umdrehung gemacht hätte; es findet nur eine Versetzung Statt, wenn der Krystall nur eine Sechstelswendung gemacht hat. Wir können uns nicht in die Einzelnheiten der Gruppirungen, welche die mineralischen Substanzen zeigen, einlassen, wir wollen bloß sagen, daß der Quarz, der kohlensaure Kalk, der Staurolith (Fig. 24, Taf. II.), das Zinnoxyd u. s. w., die häufigsten Beispiele davon liefern.

Man bemerkt, daß es bei allen Krystallsystemen symmetrische Gruppirungen gibt, welche Krystalle hervorbringen, die denen vollkommen ähnlich sind, welche diese Gruppirungen bilden, Taf. II. Fig. 22 bis. Man hat einen Beweis davon, wenn man die verlängerten Krystalle untersucht, welche durch Anhäufungen von Krystallen herrühren; und es ereignet sich auch, daß diese Gruppirungen Formen hervorbringen, welche von denen der zusammengesetzten Krystalle verschieden sind; auf diese Weise sieht man, wie in dem Flußspathe Vereiniguug von kubischen Krystallen Oktaeder und im kohlensauren Kalke Rhomboedergruppen von einer andern Art bilden.

Bis jetzt hat es sich nur von Gruppirungen gehandelt, in welchen man mehr oder minder deutliche Spuren von Krystallisation entdeckt; wir wollen nun zu den Gruppirungen übergehen, wo diese Spuren immer mehr verschwinden. Man hat gesehen, daß, wenn die Kanten sich abstumpfen, die Krystalle sich abrunden und eiähnliche und eiförmige Gestalten zeigen. Wenn diese Krystalle in sehr großer Anzahl vorhanden und von kleinen Dimensionen sind und nebeneinander liegen, so zeigen sie eine warzenförmige Gestalt. Man findet in allen Krystallsystemen Beispiele davon, aber beson-

ders bei dem Arragonit, Quarz, Schwefelkies und kohlensauren Eisen. Diese Gruppirungen bringen ferner linsenförmige, cylindrische, drusenförmige Gestalten hervor; diese beiden letzteren Benennungen wendet man bei der Vereinigung von einer Menge sehr gefaserten, miteinander nach ihren Achsen verbundenen Prismen an, wie der Epidot und der Turmalin uns zahlreiche Beispiele davon liefern. Wenn die haarförmigen Fäden wenig Adhäsion besitzen und man sie leicht trennen kann, so bekommt man geschmeidige, seidenartige, oft flockige oder filzige Massen. Die Stoffe, welche diesen molekularen Zustand annehmen, heißen Asbest, Amiant. Die Struktur des Wachsthums durch Uebereinanderlegung zeigt sich nicht allein in den Krystallen, sondern sogar in unzähligen Fällen, wie die Pysolithen, die Stalaktiten Beispiele davon sind. Daraus entspringen manchmal sphäroidische Gestalten. Es gibt ferner andere Gattungen von Strukturen, welche man nur nennen darf, um zu wissen, woraus sie bestehen. Wir meinen die Struktur durch Schwinden, durch Abformen, die Zellen, die poröse Struktur u. s. w. und die organische Struktur; diese letztere gehört den organischen Körpern an, welche man deßwegen Versteinerungen genannt hat; die Hölzer, die Madreporen, welche sich in gewissen Umständen befinden, verlieren mit der Zeit ihre organische Materie, welche durch verschiedene Stoffe, während sie ihre Gestalten völlig beibehalten, ersetzt wird; dies ist eine Frage, mit welcher wir uns in der zweiten Hälfte unseres Werkes zu beschäftigen Gelegenheit haben werden.

Wenn ein liquider Körper verschiedene Substanzen aufgelöst enthält, in die Spalten eines Felsen eindringt, und nach und nach verdunstet, so gruppiren sich die salzartigen oder andere Partikelchen nebeneinander in der Richtung der Spalte, und geben baumartigen Gestalten ihr Dasein, die unter dem

Namen Dendriten bekannt und denjenigen ähnlich sind, welche im Winter die Krystallisation des Wassers an den Fenstern zeigt. Die Bildung dieser Gruppirungen ist so zu sagen unendlich, und es war hinreichend, die vorzüglichsten anzugeben, um einen deutlichen Begriff davon zu erhalten. Wenn Flüssigkeiten durch Spalten oder Klüften der Felsen durchsickern, so verdunsten sie, sobald sie mit der Luft in Berührung kommen, und lassen Stoffe, welche sie aufgelöst enthielten, zurück, welche das hervorbringen, was man in der Mineralogie Stalaktiten und Stalagmiten nennt.

Die Stalaktiten sind die Ablagerungen, welche an dem oberen Theile der unterirdischen Höhlen sich bilden; sie haben die Gestalt von verlängerten Kegeln, welche etwas hohl sind, und gewöhnlich eine Anhäufung verworrener Krystalle zeigen. Die Stalagmiten entstehen von den Tropfen der Auflösung, welche auf den Boden fallen, und mehr oder weniger hohe Hervorragungen oder Warzen bilden. Die mineralischen Substanzen zeigen sich ferner unter Gestalten, in welchen man keine Spur von Krystallisation mehr wahrnimmt. Dahin gehören z. B. die Kugelgestalten, welche einen beträchtlichen Haufen von kleinen Kügelchen haben, die nach und nach an Volumen abnehmen, und zum amorphen Zustande führen, in welchem man keine Spur von Struktur findet. In diesem und selbst in den vorhergehenden Fällen ist der Bruch das beste Zeichen, welches wir unmittelbar anwenden können, um die Struktur eines Minerals kennen zu lernen. Wenn der Körper krystallisirt ist und gespalten werden kann, so ist der Bruch lamellig oder lamellenartig und die bloße Oberfläche ist eben und mehr oder weniger glasartig. In Substanzen, welche keine Merkmale der Krystallisation zeigen, ist der Bruch schichtig, faserig, körnig, je nachdem der Körper von aufeinanderfolgenden Ab=

lagerungen in parallelen Schichten oder durch Aggregation von mehr oder minder runden Körperchen gebildet wurde; er ist compakt, wenn die Struktur aus einer irregulären Gruppirung von Krystallen oder unendlich kleinen gerollten und stark gegeneinander gedrängten Körnern entsteht; er ist glasartig, harzig, nach der Art des Glanzes, den er zeigt. Endlich ist der Bruch erdartig, wenn die feinen Partikelchen, die aus einem chemischen Niederschlag entstehen, sich dadurch vereinigen, daß sie unzusammenhängende Ablagerungen bilden, welche nur wenig oder gar keine Consistenz haben, und deren Theile sich mit einer großen Leichtigkeit trennen. Da sich der Aggregationszustand einer Verbindung, je nachdem ihre Moleküle eine krystallinische Textur oder nicht annehmen, und je nachdem sie mehr oder weniger von einander entfernt sind, verändert, so entspringen daraus häufig beträchtliche Differenzen in den allgemeinen Eigenschaften der Körper. Je krystallinischer das Gewebe ist, je weniger es leere Zwischenräume oder Poren hat; desto beträchtlicher ist die Totalsumme der materiellen Theilchen in demselben Volumen, desto größer ist die Dichtheit; der Körper hat demnach die möglichst geringste Dichtheit, wenn er im erdigen Zustande ist. Aber zwischen dem krystallinischen und dem erdigen Zustande gibt es eine Menge Zwischenzustände, besonders wenn die Wärme dazwischentritt, um die Moleküle zu entfernen oder zu nähern; die Dichtheit eines Körpers muß sich demnach in einer großen Anzahl von Fällen verändern.

Vielleicht sollten wir hier von den allgemeinen Eigenschaften der Körper, welche sich auf die Ausdehnung, Trägheit, Undurchdringlichkeit und Theilbarkeit beziehen, sprechen, aber diese allgemeinen Eigenschaften sind so ausführlich in den physikalischen Lehrbüchern beschrieben, daß wir uns dabei nicht aufhalten zu müssen glauben.

Wir wollen jetzt zur Struktur der organischen Körper übergehen, eine Aufgabe höheren Ranges, als die, welche die Mineralien umfaßt; wir werden uns jedoch nicht in die anatomischen Einzelnheiten einlassen, welche nicht zu unserer Aufgabe gehören, sondern uns an das Allgemeine halten, dessen der Physiker bei seinen Forschungen nöthig haben kann.

Drittes Kapitel.

Allgemeine Ansichten über die Zusammensetzung und die Struktur der organischen Körper.

1. Von den organischen Körpern und ihrer atomischen Zusammensetzung.

Die organischen Körper erkennt man an ihren runden Gestalten und an der Verschiedenheit ihrer Theile, welche demungeachtet dem Gesetze der Symmetrie unterworfen sind. Diese Theile sind wirklich nach den Funktionen, die sie zu verrichten haben, verschieden; der größere Theil von ihnen scheint mehr oder minder sphärische Kügelchen zu constituirenden Molekülen zu haben; es ist demnach unmöglich, einen organisirten Körper mit einem andern, der es nicht ist, zu verwechseln, weil bei diesem alle Theile ähnlich und fähig sind, durch regelmäßige Gruppirung Polyeder mit ebenen Flächen hervorzubringen. Aber es gibt noch einen charakteristischen Unterschied zwischen diesen beiden großen Categorien der Körper; die einen können immer existiren, ohne eine Veränderung zu erleiden, während die andern entstehen, leben und sterben. Die Elemente der letztern befinden sich demnach in einer stetigen Bewegung, einer Folge des Lebens, während die Elemente der ersten im Gleichgewicht bleiben, wenn keine fremde

Ursache dazwischen kommt. Wenn man die Körper bei ihrem Entstehen nimmt, so findet man ferner große Verschiedenheiten. In den organisirten Körpern findet eine Zeugung, in den andern ein molekulares Wachsthum Statt. Die ersten entstehen aus Keimen, die ihnen ähnlich sind, und alle Arten pflanzen sich fort, ohne daß wir einen Unterschied in ihrer Gestalt oder ihrer Constitution wahrnehmen können; sie bestehen außerdem aus einer sehr kleinen Anzahl von Elementen. Es verhält sich mit den unorganisirten Körpern nicht so, wovon jeder aus einer mehr oder minder großen Anzahl von Elementen besteht, welche wir als einfache und mit besondern Eigenschaften versehen, betrachten, vermöge welcher sie sich mit einander verbinden und Tausende von Verbindungen hervorbringen können.

Die organisirten Körper enthalten als wesentlich constituirende Theile nur vier Elemente, den Kohlenstoff, den Sauerstoff, den Wasserstoff und den Stickstoff. Dieser letztere kommt selten im Pflanzenreiche vor, während er in dem Thierreiche unerläßlich ist. Diese Körper enthalten überdies zufälligerweise kleine Theile Schwefel, Phosphor, Chlor, Fluor, Eisen, Kalium, Natrium, Calcium, Magnesium. Aber wie geht es zu, daß diese vier unorganischen Elemente dadurch, daß sie sich in verschiedenen Verhältnissen gruppiren, unzählbaren Mengen von organisirten Körpern das Entstehen geben? Nach welchem Principe geht die Masse von dem unorganischen Zustande in den organischen über? Dies sind, wir wiederhohlen es, Geheimnisse, welche der Mensch nicht enthüllen konnte und welche so undurchdringlich sind, daß, wenn durch irgend eine Ursache alle organischen Körper auf ihre einfachen Elemente reduzirt würden, wir nicht einsehen könnten, wie die Kräfte, nach welchen sich die unorganische Natur richtet, für sich selbst die Keime dieser Körper erzeugen könnten.

Die erwiesensten Thatsachen lehren uns, daß bei der Bildung des Uebergangsgebirges die Materie organisirt, von einer schaffenden Kraft beseelt wurde, und daß seitdem die Erde nicht aufgehört hat, von einer Menge von Thieren aller Art bewohnt, und von einer mehr oder minder reichen Vegetation bedeckt zu sein. Es ist wirklich hinreichend, die verschiedenen Formationen bis zur primitiven Formation zu untersuchen, um überzeugt zu werden, daß die Entwicklung des Lebens gradweise vor sich gegangen ist, d. h. daß sie mit dem einfachsten Wesen begann und bis zum Menschen fortfuhr, welcher erschien, als die Erdoberfläche aufgehört hatte, von jenen großen Ueberschwemmungen, von denen wir überall unwiderlegbare Beweise haben, durchwühlt zu werden. Wir wollen mit Berzelius sagen, „daß eine unbegreifliche der todten Materie fremde Kraft das Lebensprincip in die unorganische Natur eingeführt habe, und daß dies nicht als eine Wirkung des Zufalls, sondern mit einer bewundernswürdigen Mannigfaltigkeit, einer äußersten Weisheit, und in der Absicht geschehen sei, um bestimmte Resultate und eine ununterbrochene Reihenfolge von vergänglichen Wesen hervorzubringen, welche aus einander entstehen und unter welchen die zerstörte Organisation der einen zum Unterhalt der andern dient; und daß alles das, was die organische Natur angeht, einen weisen Zweck beweise und uns einen höheren Geist offenbare. Wenn der Mensch seine Berechnungen zur Erreichung eines gewissen Zweckes mit denen vergleicht, welche bei der Bildung der unorganischen Natur vorherrschen mußten, so wurde er dahin geführt, die Kraft des Denkens und des Berechnens, als ein Bild von diesem Wesen, welchem er sein Dasein verdankt, anzusehen."

Die organisirten Körper selbst haben die Macht, die Materie zu organisiren, nur mit Hülfe bereits

organisirter Materialien; die Vegetation und das animalische Leben zeigen uns jeden Tag Beispiele davon. Die Pflanzen haben, um sich zu entwickeln, vegetabilische und animalische Ueberreste nöthig; die Herbivoren ernähren sich von Pflanzen, und die Carnivoren von Ueberresten anderer Thiere. Der Chemie gelang es, trotz ihrer Bemühungen, um organische Verbindungen zu bilden, nur dadurch, daß sie verschiedene Agentien auf schon organisirten Verbindungen reagiren ließ, die Aepfelsäure, Oxalsäure, Essigsäure u. s. w., den Harnstoff und empyreumatischen Oele, vermittelst der Destillation, und einige andere Stoffe, welche an der Gränze dieser beiden Reiche liegen, so z. B. das künstliche Tannin und einen Stoff, welcher mit dem Humusextracte Aehnlichkeit hat, zu erhalten.

Die organischen Stoffe müssen aus physiologischen und chemischen Gesichtspunkten klassifizirt werden. Aus diesem Gesichtspunkte wurde die Frage von Dumas aufgefaßt, welchen wir zum Führer in den allgemeinen Betrachtungen nehmen, die wir in dieser Rücksicht darlegen wollen.

Wenn man durch die bloße Wirkung des Lebens oder durch die Fäulniß, die Theile der Thiere sich in Kohlensäure, Wasser und Ammoniak auflösen sieht, und wenn man auf der anderen Seite sieht, wie sich die Pflanzen vorzüglich von Ammoniak, Wasser und Kohlensäure ernähren, so ist man geneigt, diese Körper als die Gränze zu betrachten, welche das Mineralreich von dem organischen Reiche trennt. Die Substanzen welche vor der Erscheinung dieser drei binären Zusammensetzungen in jeder Zerlegung von organischer Materie vorangehen, sind selbst organische Substanzen; diejenigen, welche am meisten entfernt sind, zeigen den höchsten Typus der organischen Produktion.

Man gelangt durch diese Betrachtungen dahin,

die organische Materie in fünf Klassen zu theilen nämlich:

1) Organisirte Materien. Im Allgemeinen nicht krystallisirt, zeigen sie sich unter der Gestalt von Cylindern oder Sphäroiden. Die Massen, welche sie bilden, werden nie von Ebenen begränzt. Nicht flüchtig, werden sie immer von der Wärme zerlegt. Faulbar, erleiden sie willkürliche Veränderungen unter dem Einflusse des Wassers, der Luft bei der gewöhnlichen Temperatur. Ernährend, können sie gewöhnlich zur Ernährung der Thiere dienen; der Faserstoff, der Eiweißstoff, der Käsestoff, der Zellenstoff, das Stärkemehl gehören zu dieser Gruppe. 2) Feste organische Materien. Krystallisirbar und fähig, krystallisirbare Verbindungen zu bilden. Nicht flüchtig, erleiden sie durch die Wärme oft wenig complicirte Umformungen. Nicht faulbar, aber fähig, sich unter dem Einflusse der Luft, des Wassers bei der gewöhnlichen Temperatur zu verändern, fähig, auf eine unbedingte Weise zu ernähren, indem sie an den Phänomenen des thierischen Lebens Theil nehmen können. Der Zucker, die Weinsteinsäure, die Citronensäure gehören zu dieser Gruppe. 3) Flüchtige organische Materien. Sie sind wirklich flüchtig ohne Veränderung; sie krystallisiren oder bilden krystallisirbare Verbindungen; sie sind nicht ernährend, und nehmen selbst im Allgemeinen keinen Theil an den Phänomenen des thierischen Lebens; sie erhalten sich beinahe immer ohne willkürliche Veränderung in Gegenwart der Luft und des Wassers bei der gewöhnlichen Temperatur. Die Essigsäure, der Alkohol, die Benzoesäure gehören zu dieser Klasse. 4) Binäre Verbindungen mineralischer Natur. Wasser, Kohlensäure, Ammoniak, Cyan. 5) Elemente. Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff.

Im Allgemeinen haben die organisirten Materien

die zusammengesetztesten Atome, hierauf kommen die festen organischen Materien, dann die flüchtigen organischen Materien. Das Organisationsgeschäft, welches das Leben hervorbringt, hat also zum Gegenstande complexe oder organisirte Materien zu erzeugen. Wenn das Leben aufhört oder wenn die organisirten Materien zerstört, verbrannt werden, so gehen sie in den Zustand von festen, organischen Stoffen, flüchtigen organischen Stoffen und endlich in binäre Verbindungen über, denn hier bleibt ihre Zersetzung im Allgemeinen stehen.

Wir wollen nun zur atomischen Zusammensetzung der organisirten Substanzen übergehen. Die Ansichten sind in dieser Beziehung sehr getheilt. Die unorganischen Verbindungen sind binär, ternär, oder quaternär u. s. w. Die binäre Verbindung besteht aus zwei Elementen, welche verschiedene Eigenschaften besitzen und deßwegen Antagonisten heißen; das eine spielt die Rolle einer Säure, das andere die einer Base. Diese Elemente können immer von einander getrennt werden. In den Verbindungen von einer höhern Ordnung existirt der Antagonismus noch, und man kann gleichfalls die beiden zusammengesetzten Elemente, wenigstens in den meisten Fällen, besonders durch Anwendung der Elektricität, von einander trennen, ohne jedes von ihnen auf seine einfache Elemente zurückzuführen. So spielt bei der Schwefelsäure, die aus einem Atom Schwefel und drei Atomen Sauerstoff besteht, der Schwefel die Rolle der Base, und der Sauerstoff die der Säure, und diese beiden Elemente können von einander getrennt werden. In dem schwefelsauren Kali, welches von einem Atom Kali und einem Atom Schwefelsäure gebildet wird, können die Säure und die Base gleichfalls getrennt werden. Alle Verbindungsgesetze der Atome in den unorganischen Zusammensetzungen sind im Allgemeinen einfach und leicht zu entdecken; aber es

verhält sich nicht so in Beziehung auf die organischen Verbindungen, trotz den neuesten Bemühungen, welche zu dem Zwecke angestellt wurden, ihre Zusammensetzung auf die anderer Körper zurückzuführen. Einige Beispiele werden den Beweis davon liefern.

Die Schwefelsäure (SO^3) haben wir gesagt, enthalte ein Atom Schwefel und drei Atome Sauerstoff; die Salzsäure ein Atom Chlor und ein Atom Wasserstoff, während die Weinsteinsäure, welche dem Pflanzenreich angehört, aus vier Atomen Kohlenstoff, vier Atomen Wasserstoff und fünf Atomen Sauerstoff besteht.

Die Gallussäure hat eine noch complicirtere Zusammensetzung, weil sie vierzehn Atome Kohlenstoff, sechs Atome Wasserstoff und fünf Atome Sauerstoff enthält. Man erkennt in diesen beiden letzten Säuren die einfache atomische Verbindung nicht mehr, welcher die unorganischen Verbindungen unterworfen sind. Bei den organischen Verbindungen findet dessenungeachtet ein bestimmtes Verhältniß Statt; man darf nur, um sich davon zu überzeugen, die Verhältnisse betrachten, nach welchen die organischen zusammengesetzten Atome des ersten Grades, sich mit den unorganischen Atomen der ersten Ordnung verbinden; man findet, daß diese Verhältnisse sich nach denselben Gesetzen richten, wie die, welche die Verbindungen der unorganischen Atome leiten, d. h. daß der Sauerstoff des einen, gewöhnlich organisches Oxyd, ein Vielfaches von einer ganzen Zahl des Sauerstoffs des andern ist, oder daß, wenn organische Säuren fünf Atome Wasserstoff enthalten, der Sauerstoff dieser Säuren zu dem des unorganischen Oxyds in demselben Verhältnisse steht, wie dasjenige, welches für die unorganischen Atome mit fünf Atomen Sauerstoff stattfindet. Indem Berzelius von diesem Principe ausging, bestimmte er in den organischen Verbindungen die Zahl der einfachen Atome, aus

denen sie bestehen. Wir wollen unsere Untersuchung fortsetzen.

Zwei organische Substanzen können aus denselben Elementen in demselben atomischen Verhältnisse zusammengesetzt sein, und doch nicht dieselben physischen und chemischen Eigenschaften besitzen, wie der Zucker und das Gummi Beispiele hievon liefern. In diesem Falle müssen dieselben Elemente, indem sie sich auf verschiedene Arten gruppiren, verschiedenen constituirenden Molekülen das Entstehen geben. Die unorganische Natur zeigt uns ähnliche Beispiele von Isomerie.

Die erste Frage, welche sich aufwirft, wenn man sich mit der Zusammensetzung der organischen Substanzen beschäftigt, ist diese: Folgen die Verbindungen dem Gesetze des Antagonismus, d. h. finden sie immer zwischen zwei Elementen, welche mit entgegengesetzten Eigenschaften begabt sind, Statt? Es ist schwer, diese Frage, wegen der Schwierigkeit, welche beim Trennen dieser Elemente stattfindet, zu beantworten. Man ist also genöthigt, Formeln zu ersinnen, um die Zusammensetzung der unorganischen Körper, indem man sich auf den Antagonismus stützt, darzustellen. Man darf immer chemische Betrachtungen geltend machen, welche einen veranlassen, eine Theorie eher als eine andere anzunehmen. Diese Theorien dürfen demnach nicht als absolute Wahrheiten betrachtet werden, wohl aber als Mittel, die Körper so zu klassifiziren, daß man sich das Studium auf eine gewisse Art erleichtert.

Dumas und Liebig suchten die Grundlagen zu einer neuen Theorie zu legen, indem sie von dem Principe ausgingen, daß man in der organischen Natur Verbindungen erhalte, welche Eigenschaften der einfachen Körper besitzen und welche bald als Säure, bald als Base wirken, wie z. B. das Cyan, das Amyd, das Benzoil, die Radikale des Ammoniak,

der fetten Körper des Alkohols und der analogen Körper, welche die Elemente der organischen Verbindungen sind, und nicht der Kohlenstoff, der Wasserstoff und der Stickstoff, welche sich nur zeigen, wenn jede Spur des organischen Ursprungs verschwunden ist. Diese beiden Chemiker nehmen außerdem an, daß die Verbindung dieser Stoffe unter sich oder mit anderen Elementen, demselben Gesetze folge, wie das, welches die unorganischen Verbindungen leitet, so daß nur zwischen den ersten und zweiten in sofern Differenz stattfindet, als die Radikale in jenen einfach, in diesen zusammengesetzt sind. Einige Beispiele werden die Wichtigkeit dieser Theorie fühlbar machen.

Man weiß, daß das Oxamyd

4 Atome Kohlenstoff
2 — Sauerstoff
2 — Stickstoff
4 — Wasserstoff

enthält. Wenn man diese Substanz dem Einflusse verschiedener Agentien unterwirft, so verwandelt sie sich in oxalsauren Ammoniak. Man ging davon aus, zu behaupten, daß seine Verbindung durch zwei binäre Elemente dargestellt werden könne, nämlich durch das Kohlenstoffoxyd und einem Wasserstoffnitrür, welches noch nicht isolirt wurde; demnach ist die Formel des Oxamyds

$$C^4O^2 + N^2H^4.$$

Betrachtungen, in welche wir uns nicht einlassen können, nöthigen zu der Annahme, daß in dieser Verbindung, das Azotür die Rolle einer Säure und das Kohlenoxyd die einer Base spielt. Man sieht demnach, wie man die Zusammensetzung des Oxamyds auf die der unorganischen Verbindungen zurückführt. Gehen wir zu einer andern Verbindung über.

Der Harnstoff enthält

4 Atome Sauerstoff
2 — Kohlenstoff

4 Atome Stickstoff
8 — Wasserstoff.

Da nun diese Zusammensetzung sich in kohlensaures Ammoniak verwandelt, indem sich das Wasser unter dem Einflusse von verschiedenen Körpern zersetzt, so nahm Dumas ferner für seine Formel einen Ausdruck an, welcher anzeigt, daß er aus der Verbindung von Kohlenoxyd, welches die Rolle der Basis spielt, mit einem Wasserstoffnitrür, welches als Säure wirkt, besteht. Diese Formel ist wirklich:

$$C^4O^2 + N^4H^8$$

Die Zusammensetzung der Aether richtet sich, nach Dumas, nach demselben Gesetze, d. h. diese Körper entspringen aus der Verbindung von Elementen, welche aus Antagonisten bestehen. Es folgt aus diesem Principe, daß der Alkohol aus der Verbindung von einem Volumen Wasserdampf mit einem Volumen Kohlenwasserstoff entstehe. Wenn man auf diesen Körper verschiedene Säuren reagiren läßt, so wird man auf verschiedene Verbindungen geführt, welche man als Zusammensetzungen von Kohlenwasserstoff, der die Rolle der Base spielt und von Radikalen, die als Säuren wirken, betrachten kann. Auf diese Weise gelangt man zu folgenden einfachen Formeln:

C^8H^8	Doppeltkohlenwasserstoffgas
$C^8H^8Ch^4$	holländischer Liqueur
$C^8H^8H^2O$	Schwefeläther
$C^8H^8H^4O^2$	Alkohol
$C^8H^8H^2Ch^2$	Salzäther ꝛc. ꝛc. ꝛc.

Obgleich diese Formeln sehr einfach sind, so kann man dennoch die Zusammensetzung dieser Körper aus andern Gesichtspunkten betrachten. Berzelius nimmt z. B., anstatt das Doppeltkohlenwasserstoffgas als Basis anzunehmen, den Schwefeläther an, dessen Formel nach ihm durch

$$C^8H^{10}O.$$

dargestellt werden muß. Die vorhergehenden Formeln transformiren sich demnach in diese:

$C^8H^8Ch^4$	Holländischer Liqueur
C^8H^8	Doppeltkohlenwasserstoffgas
C^8H^{10}	unbekanntes Radikal
$C^8H^{10}O$	Schwefeläther
$C^4H^{10}O + H^4O$	Alkohol
$C^8H^{10} + Ch^2$	Salzäther

Um diese Verbindungen darzustellen, läßt Berzelius bald C^8H^8, bald C^8H^{10} dazwischen treten, was weniger Regelmäßigkeit in die Formeln bringt.

Regnault, der sich gleichfalls viel mit den Aethern beschäftigte, hat die vorhergehende Formeln nicht angenommen und gefunden, daß man, da der Salzäther kein ölbildendes Gas enthalten könne, deßwegen dieses Gas nicht als das Radikal der ätherischen Verbindungen annehmen dürfe; nach ihm müssen die vorhergehenden Formeln durch folgende ersetzt werden.

$C^4H^6Ch^2 + H^2Cl^2$ Holländischer Liqueur.
(Doppeltkohlenwasserstoffgas)
$C^4H^{10}O$ Schwefeläther.
$C^4H^{10}O + H^2O$ Alkohol.
$C^5H^{10}Cl^2$ Chloräther.
C^4H^7 Oelbildendes Gas.

Um diese beiden Theorien in Einklang zu bringen, mußte man sich in chemische Entwicklungen einlassen, welche nicht in unsern Plan passen; wir haben bloß einige Formeln über die Zusammensetzung geben wollen, um die Schwierigkeit zu zeigen, welche man findet, wenn man auf eine strenge Weise die antagonistischen Elemente in einer Verbindung bestimmen will.

Dumas glaubte in einer andern Ordnung von Phänomenen Thatsachen zu finden, die geeignet wären, unsere Begriffe über die atomische Zusammensetzung der organisirten Körper zu ändern. Wir mei-

nen die Substitutionstheorie. Eine wichtige Frage der chemischen Philosophie, deren Erörterung hier keine Stelle finden kann; wir können demungeachtet uns nicht enthalten, die Principien, auf welchen diese Theorie beruht, kennen zu lernen, weil das Studium der elektrochemischen Phänomene dazu dienen kann, Beweise für und wider zu liefern. Wir geben hier die Thatsachen, welche diese Principien zeigen.

1) Wenn man auf eine Wasserstoffverbindung Chlor, Brom oder Jod auf jedes Volumen weggenommenen und in Salzsäure verwandelten Wasserstoffes wirken läßt, so fixirt sich ein gleiches Volumen Chlor, Brom oder Jod.

So gibt zuerst der Aether $C^4H^{10}O$ unter dem Einflusse des Chlors, die Verbindung des Malaguti $C^4{}^{H^6O}_{Cl^4}$ und später die Verbindung des Regnault $C^4Cl^{10}O$.

Ferner verwandelt sich die Essigsäure $C^4H^6O^3$ in Chloressigsäure $C^4Cl^6O^3$.

2) Wenn ein Körper der Wirkung des Chlors unter dem Einflusse des Wassers unterworfen wird, so geschieht es manchmal, daß das Wasser zersetzt wird, der Wasserstoff des Wassers sich in Salzsäure verwandelt und der Sauerstoff desselben sich auf die organische Materie fixirt. Dies ist der Fall beim Indigo $C^{16}H^{10}N^2O^2$, welcher sich in Isatin verwandelt $C^{16}H^{10}N^2O^4$.

Auf diese Weise mußte man sich ebenfalls die Verwandlung des Alkohols in Aldehyd in der Theorie vorstellen, welche aus dem Alkohol ein Kohlenwasserstoff-Hydrat macht. Man hätte wirklich C^4H^8,H^4O^2 indem der Alkohol C^4H^8,O^2 Aldehyd wird.

3) In einigen Fällen, und dies sind besonders diejenigen, wo der Sauerstoff auf Wasserstoffverbindungen wirkt, wird der Körper im Augenblicke der Substitution getrennt, indem jedes Volumen Wasser-

stoffgas durch ein Halbvolumen Sauerstoffgas ersetzt wird. So erzeugt 1 Molekül Ameisensäure $C^2H^2O^3$
2 Moleküle Kohlensäure C^2O^4.

Der Sauerstoff ist besonders geeignet, Trennungen dieser Art zu erzeugen, wenn er sich in einer Zusammensetzung anhäuft.

Diese Thatsachen lassen sich in eine sehr einfache Theorie zusammenziehen, in die der chemischen Typen.

Der Aether und die Chloräther gehören zu demselben Typus. Die Essigsäure und die Chloressigsäure sind in demselben Falle. Im Allgemeinen gehören die Körper, welche dieselbe Anzahl Moleküle besitzen und welche dieselben chemischen Grundeigenschaften haben, demselben chemischen Typus an.

Der Indigo und das Isatin gehören nicht zu demselben Typus, denn der letztere Körper enthält mehr Sauerstoff als der andere.

Der Alkohol und das Aldehyd gehören ebenfalls zu verschiedenen Typen, weil das Aldehyd weniger Wasserstoff enthält.

Die Theorie der Substitutionen vereinigt also Thatsachen, welche durch die chemischen Typen erklärt werden, deren Dasein und Nothwendigkeit jetzt alle Chemiker eingesehen haben.

Der Alkohol $C^4H^{12}O^2$ geht aus seinem Typus heraus, indem er H^4 verliert und erzeugt das Aldehyd $C^4H^8O^2$, kehrt aber wieder in denselben zurück, wenn dieser letztere Körper sich in Essigsäure $C^4H^8O^4$ umwandelt, welche augenscheinlich zu demselben Typus wie der Alhohol gehört.

Seinerseits gehört der Aether $C^4H^{10}O$ zu demselben Typus wie das Aldehyd.

Daraus geht hervor, daß der Alkoholtypus auf dreierlei Weise in den Aethertypus übergehen kann:

$C^4H^{12}O^2 - H^2O = C^4H^{10}O$ Aether

$C^4H^{12}O^2 - H^4 = C^4H^8O^2$ Aldehyd
$C^4H^{12}O^2 - O^2 = C^4H^{12}$ Wasserstoffcarbür.

Wir wollen uns nicht weiter über die atomische Zusammensetzung der organischen Körper verbreiten, weil einerseits die Begriffe über die Art und Weise, wie man sich die Zusammensetzung in zwei antagonistischen Elementen bei jeder Verbindung denken muß, nicht festbestimmt sind, und weil andererseits die Betrachtungen, die zu Gunsten dieser oder jener Meinung angeführt werden, nicht in unser Fach gehören. Was uns wichtig ist, ist die molekulare Constitution, abgesehen von den Mitteln, die zu ihrer Bestimmung angewandt wurden; denn sie ist für das Studium der physischen Eigenschaften der Körper unerläßlich.

Kopp hat auf die organische Natur die Ansichten angewandt, welche wir Theil II. Seite 204 über die Constitution der unorganischen Verbindungen nach den Volumina dargelegt haben, d. h. er hat das specifische Volumen der organischen Verbindungen bestimmt. Da man nicht gewiß weiß, auf welche Weise die Elemente in den constituirenden organischen Molekülen gruppirt sind, so schlug er einen andern Weg ein, und hielt sich bloß daran, um uns seiner Ausdrücke zu bedienen, einige Beziehungen zwischen den specifischen Volumina von analogen organischen Verbindungen zu finden; zuerst machte er die Bemerkung, daß man in der organischen Chemie verhältnißmäßig mehr liquide Verbindungen als in der unorganischen Chemie antreffe, und deßwegen der Dimorphismus in denselben weniger häufig vorkomme. Da die Beobachtungen über die Dichtheit der liquiden Körper, im Allgemeinen weit leichter zu erhalten sind, so müssen sie genauer als diejenigen sein, welche sich auf die festen Körper beziehen. Zwar ist die Ausdehnung unter dem Einfluße der Wärme beträchtlicher als bei den festen Körpern; er hat jedoch in seinen Untersuchungen darauf Rücksicht genommen. Wir wollen

hier die theoretischen Betrachtungen anführen, auf welche Kopp sich stützte, um seinen Zweck zu erreichen:

„Wir wollen eine große Anzahl von analogen organischen Verbindungen in folgender Reihe aufstellen.

$A + \alpha$	$B + \alpha$	$C + \alpha$	$D + \alpha$ ...
$A + \beta$	$B + \beta$	$C + \beta$	$D + \beta$ ...
$A + \gamma$	$B + \gamma$	$C + \gamma$	$D + \gamma$ ...
$A + \delta$	$B + \delta$	$C + \delta$	$D + \delta$ ...
. . .	. . .	. . .	. . . ...

„In dieser Tabelle stellen ABC gewisse Stoffe oder Verbindungen von unveränderlichen Elementen vor, A kann z. B. die hypothetische wasserfreie Essigsäure vorstellen, B die Ameisensäure, C die Benzoesäure, u. s. w.; α Wasser, β Aethyloxyd, γ Methyloxyd u. s. w., oder man kann annehmen, A sei Chlor, B Jod, C Schwefel u. s. w.; α Wasserstoff, β Aethyl, γ Methyl u. s. w.

„Um die specifischen Volumina aller Verbindungen, welche in einer solchen Tabelle gereiht sind, kennen zu lernen, muß man bloß die specifische Volumina einer vertikalen Reihe und einer horizontalen Reihe kennen. Wenn die specifischen Volumina einer horizontalen Reihe (oder vertikalen) bekannt sind, so reicht es hin, das specifische Volumen einer einzigen Verbindung zu kennen, welche in einer andern horizontalen (oder vertikalen) enthalten ist, damit man die specifischen Volumina aller Verbindungen, welche in dieser Reihe vorkommen, daraus ableiten könne. Dieses Gesetz ist von der höchsten Wichtigkeit. Wenn man die specifischen Volumina der Verbindungen $A + \alpha$, $A + \beta$, $A + \gamma$ . . . und das specifische Volumen von $B + \alpha$ kennt, so kann man die specifischen Volumina der Verbindungen $B + \beta$, $B + \gamma$ ... daraus ableiten.

Denn die Differenz ist immer dieselbe, unter den specifischen Volumina

$A + \alpha$ und $B + \alpha$	$B + \alpha$ und $D + \alpha$
$A + \beta$ und $B + \beta$	$B + \beta$ und $D + \beta$
$A + \gamma$ und $B + \gamma$	$B + \gamma$ und $D + \gamma$
. . . .	. . . .
$A + \alpha$ und $A + \delta$	. . . .
$B + \alpha$ und $B + \delta$	. . . .
$C + \alpha$ und $C + \delta$	. . . .
. . . .	. . . .

„Dieses Gesetz wird hinreichend durch den Versuch bestätigt. Nehmen wir z. B. die beobachteten specifischen Volumina der folgenden Verbindungen, gemäß der Tabelle, welche wir so eben gegeben haben.

	A Essigsäure	B Ameisensäure	C Benzoesäure
α Wasser	709 Mollerat	467 Liebig	?
β Aethyloxyd	1243 Liebig	1020 Liebig	1795 Dumas
γ Methyloxyd	1012 Dumas	?	1558 Dumas

Bezeichnen wir durch $(A + \alpha)$, $(B + \beta)$ die beobachteten specifischen Volumina der Verbindungen $A + \alpha$, $A + \beta$. Die angeführten Beobachtungen bestätigen innerhalb der Fehlergränzen des Versuches die folgenden Gleichungen, welche von dem Gesetze, welches wir so eben angaben, verlangt werden:

$$(A + \alpha) - (A + \beta) = (B + \alpha) - (B + \beta)$$
$$(A + \beta) - (A + \gamma) = (C + \beta) - (C + \gamma)$$
$$(A + \alpha) - (B + \alpha) = (A + \beta) - (B + \beta)$$
$$(A + \beta) - (C + \beta) = (A + \gamma) - (C + \gamma)$$

„Man kann aber noch weit augenscheinlicher die Wahrheit des allgemeinen Gesetzes, welches wir in der vorhergehenden Tabelle angegeben haben, dadurch beweisen, daß wir dieses Gesetz specialisiren. Dies wollen wir bei den bekanntesten Verbindungen thun:

„Das specifische Volumen eines Säurehydrats (A + H^2O) ist immer um 534 geringer, als dasjenige der entsprechenden Aethylverbindung (A + AeO)." Um die Genauigkeit dieses Gesetzes zu beweisen, suchte Kopp, indem er nach demselben die Aethylverbindung berechnete, und zur Basis die Dichtheit des Säurehydrats nahm, zuerst das specifische Volumen der Aethylverbindung, indem er zum specifischen Volumen des Säurehydrats 534 hinzuzählte.

Formel	Atom-Gewicht	Specifisches Volumen		Dichtheit	
		beobachtet	berechnet	berechnet	beobachtet
Hydrat und Aether der Essigsäure:					
$\overline{A} + H^2O$	753	709			1,062 Mollerat.
$\overline{A} + AeO$	1107		709 + 534 = 1243	1,8906	0,89 Liebig 15°
Hydrat und Aether der Ameisensäure:					
$\overline{F} + H^2O$	577	467			1,2353
$\overline{F} + AeO$	930		467 + 534 = 1001	0,9293	0,912
Hydrat und Aether der Bernsteinsäure:					
$\overline{S} + H^2O$	741	478			1,55 Richter
$\overline{S} + AeO$	1094		478 + 354 = 1012	1,0812	1,036 d'Arcet

„Das specifische Volumen eines Säurehydrats (A + H^2O) ist immer um 300 kleiner als dasjenige des entsprechenden Methyls (A + MeO).

Formel	Atom-Gewicht	Specifisches Volumen beob-achtet	Specifisches Volumen berechnet	Dichtheit berech-net	Dichtheit beobachtet
Das Schwefelsäurehydrat und das Sulfat des Methyls:					
$SO^3 + H^2O$	614	332			1,85 Dalton
$SO^3 + MeO$	790		332 + 300 = 632	1,2511	1,324 Dumas u. Peligot 22°
Das Salpetersäurehydrat und das Nitrat des Methyls:					
$N^2O^5 + H^2O$	790	519			1,522 Mitscherlich
$N^2O^5 + MeO$	966		519 + 300 = 819	1,1800	1,182 Dumas u. Peligot 22°
Das Essigsäurehydrat und das Acetat des Methyls:					
$\bar{A} + H^2O$	753	709			1,063 Mollerat
$\bar{A} + MeO$	930		709 + 300 = 1009	0,9220	0,919 Dumas und Peligot 22°

„**Das specifische Volumen einer Aethylverbindung ist immer um 234 größer als das der entsprechenden Methylverbindung.**

Formel	Atom-Gewicht	Specifisches Volumen beob-tet	Specifisches Volumen berechnet	Dichtheit berech-net	Dichtheit beobachtet
Alkohol und das Hydrat des Methyloxyds:					
$AeO + H^2O$	570	730			0,792 Gay-Lussac 18°
$MeO + H^2O$	402		730 − 234 = 496	0,8098	0,798 Dumas u. Peligot 22°
Die Sulfide des Aethyls und des Methyls:					
$Ae + S$	567	687		0,8610	0,825 Regnault 20°
$Me + S$	390		687 − 234 = 453		0,845 Regnault 21°

Formel	Atom-Gewicht	Specifisches Volumen beobachtet	Specifisches Volumen berechnet	Dichtheit berechnet	Dichtheit beobachtet
Die Jodide des Aethyls und des Methyls:					
Ae + I^2	1944	1012			1,6206 Gay-Lussac 22°
Me + I	1767		1012 — 234 = 778	2,2712	2,237 Dumas u. Peligot 22°
Das essigsaure Aethyl und Methyl:					
					0,89 Liebig 15°
A + AeO	1107	1244	1244—234 = 1010	0,9213	0,919 Dumas u. Peligot 22°
A + MeO	930				
Das benzoesaure Aethyl und Methyl:					
$\overline{\text{B}}$ + AeO	1890	1794			1,0539 Dumas 10°
	1714		1794—234 = 778	1,0987	1,1 Dumas und Peligot 17°
Das korksaure Aethyl und Methyl:					
$\overline{\text{Su}}$ + AeO	1348	1329			1,014 Laurent 18°
$\overline{\text{Su}}$ + MeO	1171		1329 — 234 = 1095	1,0694	1,003 Laur. 18°
Das schleimsaure Aethyl und Methyl:					
$\overline{\text{Mn}}$ + AeO	1671	1266			1,32 Malaguti
$\overline{\text{Mn}}$ + Meo	1494		1266—234 = 1032	1,1480	1,003 Malaguti
Die Hydrate der Essigsäure und Ameisensäure:					
Ae + O^4 — H^2	753	709			1,063 Mollerat
Me + O^4 — A^2	577		709 — 234 = 475	1,2148	1,2353 Liebig 12°

Die in diesen Tabellen angeführten Resultate zeigen uns eine merkwürdige Uebereinstimmung zwischen den berechneten Dichtheiten und denjenigen, welche man durch die Beobachtung erhalten hat, was die Genauigkeit der Gesetze, auf welche sich Kopp, um diese Resultate zu erhalten, stützte, beweist. Er fand, daß das specifische Volumen der Benzoate um 538

größer ist, als das der analogen schleimsauren Salze; das specifische Volumen der schleimsauren Salze um 244 größer als das der analogen ameisensauren Salze. Indem man den Weg, welchen er anzeigte, verfolgt, kann man die Dichtheit vieler Combinationen berechnen, vorausgesetzt, daß man die analogen Verbindungen genau kennt. Im Betreff der Substitution des Chlors für den Wasserstoff in gewissen Verbindungen, hat er folgende Formel:

„Wenn in einer organischen Verbindung x Atome Wasserstoff von x Atomen Chlor ersetzt werden, so wird das specifische Volumen gleichfalls um 80 x vermehrt."

Kopp hat dieses Gesetz bestätigt, indem er die Dichtheit mehrerer Verbindungen, welche durch Substitution gebildet wurde, berechnete, und die berechneten Resultate mit den direkten Beobachtungen verglich. Wir wollen einige von den Resultaten, auf welche es gelangte, anführen.

Formel	Atomgewicht	Specifisches Volumen		Dichtheit	
		beobachtet	berechnet	berechnet	beobachtet
Substitution des Chlors in dem Benzoilhydrür:					
$C^{14}H^{12}O^{8}$	1337	1282			1,843 Liebig und Wähler
$C^{14}H^{10}Cl^{2}O^{2}$	1767		1282 + 2.80 = 1442	1,225	1,196 dieselben 18°
Substitution des Chlors in dem Methyloxyd:					
$C^{2}H^{4}Cl^{2}O$	719	547			1,315 Regnault 20°
$C^{2}H^{2}Cl^{4}O$	1149		547 + 2 . 80 = 707	1,626	1,606 derselbe
Substitution des Chlors in dem Acetat des Methyls:					
$C^{6}H^{12}O^{4}$	930	1012			0,919 Dum. u. Pel. 22°
$C^{6}H^{8}Cl^{4}O^{4}$	3760		1012 + 4.80 = 1332	1,344	1,261 Malaguti 16°

Formel	Atomgewicht	Specifisches Volumen		Dichtheit	
		beobachtet	berechnet	berechnet	beobachtet
Substitution des Chlors in dem Aethyloxyd:					
$C^4H^{10}O$	466	643			0,724 Gay-Lussac 12°
$C^4H^6Cl^4O$	1326		643 + 4 . 80 = 963	1,377	1,501 Malaguti
Substitution des Chlors in dem Acetat des Aethyls:					
$C^8H^{16}O^4$	1107	1244			0,89 Liebig 15°
$C^8H^{12}Cl^4O^4$	1967		1244 + 4 . 80 = 1564	1,258	1,301 Malaguti 12°
Substitution des Chlors in dem Formate des Aethyls:					
$C\ H^{12}O^4$	930	1020			0,912 Liebig 15°
$C^6H^8Cl^4O^4$	1790		1020 + 4 . 80 = 1340	1,336	1,261 Malaguti 16°
Substitution des Chlors in dem kamphersauren Aethyl:					
$C^{14}H^{24}O^4$	1612	1566			1,029 Malaguti 16°
$C^{14}H^{20}Cl^4O^4$	2472		1566 + 4 . 80 = 1886	1,311	1,386 derselbe 14°
Substitution des Chlors in dem Benzoin:					
$C^{12}H$	985	1159			0,85 Mitscherlich
$C^{12}H^6Cl^6$	2476		1159 + 6 . 80 = 1639	1,389	1,457 derselbe 7°

Bis jetzt hat er die Temperatur, bei welcher die Dichtheit bestimmt wurde, nicht in Rechnung gebracht, und doch kann man es sich nicht erlauben, darauf keine Rücksicht zu nehmen, besonders bei den liquiden Körpern, welche ausdehnbarer als die festen Körper sind. Kopp ist diese Beobachtung nicht entgangen, denn er weiß sehr gut, daß man die specifischen Volumina der verschiedenen Substanzen nur für Tem-

peraturen, welche von den Siedepunkten gleich weit entfernt sind, strenge vergleichen könne. Er bemerkt in dieser Beziehung, daß, als er das Verhältniß zwischen den specifischen Volumina der analogen Verbindungen des Aethyls und des Methyls aufsuchte, diese Substanzen, welche beinahe denselben Siedepunkt haben, sich in verlangten Bedingungen befänden, um vollkommen vergleichbare Resultate zu liefern. Es verhält sich jedoch in Beziehung auf die Verbindungen nicht so, welche durch die Substitution des Chlors für den Wasserstoff hervorgebracht wurden, in welchen die Siedepunkte unter sich sehr verschieden sind. Man mußte nothwendigerweise eine Differenz bei Vergleichung der specifischen Volumina mit ungleichen Entfernungen von den Siedepunkten finden. Die Beobachtungen wurden wirklich bei einer mittleren Temperatur angestellt, während die Berechnungen für Temperaturen, die gleichweit von den Siedepunkten entfernt waren, ausgeführt wurden.

Kopp erklärt daraus einen großen Theil der Differenzen, welche zwischen den unmittelbaren Beobachtungen und den berechneten Resultaten gefunden wurden. Wir werden die Anwendung, die Kopp von seinen theoretischen Ansichten auf die Bestimmung der specifischen Volumina der organischen Substanzen gemacht hat, nicht weiter verfolgen, weil unser Zweck einzig und allein der ist, den Geist seiner Methode und die hauptsächlichsten Resultate, welche er erhalten hat, kennen zu lernen.

Von den anzuwendenden Mitteln, um die Struktur der organischen Körper zu beobachten und zu studiren.

Da die mechanische Theilung völlig unzureichend ist, um die Struktur der organischen Körper zu untersuchen, so hat man seine Zuflucht zu dem Mikroskope

genommen. Obgleich dieses Instrument in allen physikalischen Lehrbüchern beschrieben ist, so glauben wir dessen ungeachtet, im Interesse der Beobachter eine vollständige Beschreibung davon geben zu müssen, indem wir zu gleicher Zeit die Art und Weise, wie man sich desselben bedient, anzeigen.

Mikroskope.

Das dioptrische Mikroskop ist dasjenige, welches man wegen seiner zahllosen Vortheile am allgemeinsten anwendet; da wir aber hier nicht alle Vervollkommnungen aufzählen können, welche nacheinander entweder an der Construktion achromatischer Linsen, oder in der Anordnung der verschiedenen Theile angebracht wurden, so nehmen wir sogleich den vollständigsten Apparat. Die Principien, auf welchen seine Construktion beruht, sind folgende:

Es sei (Tafel II. Fig 27 MN ein sehr kleines Objekt, welches ein wenig über dem Brennpunkte einer Linse oder eines Objektivs AB angebracht ist, die Strahlen, welche von den verschiedenen Punkten dieses Objekts ausgehen, erleiden, indem sie durch die Linse gehen, daselbst eine Brechung, und bilden jenseits ein Bild mn. Wenn man den Ort mn als den Brennpunkt einer andern Linse EF ansieht, jenseits dessen sich ein Auge in o befindet, das den Gegenstand MN unter dem Winkel EOF, und folglich unter Dimensionen sieht, welche sich beträchtlich vergrößerten; und wenn man zwischen das Bild und das Objektiv eine planconvexe Linse GH (Fig. 28) bringt, so erweitert man das Gesichtsfeld und nimmt das Ganze des Objektes besser wahr; es verhält sich ebenso, wenn man dem Okulare EF diese Form gibt. Wenn die Linse AB außerdem achromatisch ist, so hat man alle Elemente eines gut zusammengesetzten Mikroskops, welches man horizontal stellt, indem man die Gläser, so wie es die Figur 29 zeigt, anordnet;

und ein Prisma in P anbringt, dessen Fläche ab die durch das Objektiv AB gebrochenen Strahlen nach der Richtung OC reflektirt. Die Anwendung achromatischer Linsen bei dem Mikroskope ist ohne Zweifel eine neue Aere für dieses Instrument, weil sie die Gegenstände deutlich und ohne Farben sehen lassen.

Ohne bis auf Euler zurückzugehen, welchem man die erste Idee dieser großen Vervollkommnung zuschreibt, führen wir an, daß Charles, Doktor Brewster, Fraunhoffer, Selligues, Vincent und Charles Chevalier, Tulley und Amici ein jeder zur Vervollkommnung der achromatischen Linsen, die zu Objektiven für die Mikroskope dienen, beigetragen habe. Charles Chevalier verfertigte zuerst achromatische Linsen von neun Millimeter Brennweite, vier Millimeter im Durchmesser und zwei Millimeter im Mittelpunkt. Diese Dimensionen gestatteten es, mehrere Linsen übereinander zu legen, um dadurch die Abweichung wegen der Kugelgestalt zu zerstören. Tulley verfertigte eines mit $^{2}/_{10}$ Zoll (engl.) Brennweite. Amici verfertigte andere von drei übereinander liegenden Linsen von dreizehn Millimeter Brennweite und die eine große Oeffnung hatten. Die drei übereinanderliegenden Linsen, deren man sich heutzutage bedient, und welche die stärkste Vergrößerung geben, sind Tafel II. Fig. 29 und 30 abgebildet. Die Linse AB besteht aus zwei Linsen A und B; die erste ist biconvex und aus Crownglas, die zweite ist eine concave Linse aus Flintglas. Die horizontale Lage, welche man dem Mikroskop gibt, und dessen Idee man Amici verdankt, ist die große Vervollkommnung, welche man nach der Einführung eines achromatischen Objektivs gemacht hat; denn vorher erlitt man, wenn sich die Beobachtungen verlängerten, eine Ermüdung in den Halsmuskeln und eine Anhäufung des Fluidums auf der Hornhaut, welche bald den Beobachter aufzuhören zwangen; einige Personen ziehen indessen eine Nei-

gung von 45° vor. Als Amici Vorrathsokulare hinzufügte, um mit den Vergrößerungen abzuwechseln, erleichterte er die Anwendung derselben. Dies sind die allgemeinen Principien, welche heutzutage zur Basis bei der Verfertigung der dioptrischen Mikroskope dienen. Wir wollen jetzt das Universalmikroskop von Ch. Chevalier beschreiben, welches die so eben angezeigten Vortheile vereinigt und das außerdem mit allen Nebensachen versehen ist, die zu seinem Gebrauche erforderlich sind.

Der Apparat muß mit einer Nußschraube versehen sein, um langsame Bewegungen den verschiedenen beweglichen Theilen, wie z. B. dem Platin, mitzutheilen, das man ehedem durch eine Verzahnung bewegte. Die Construktion muß endlich so beschaffen sein, daß die Bewegungen des Apparats, seien sie senkrecht oder seitwärts der Centrirung, der Festigkeit nicht schaden. Es müssen Einschnitte so angebracht sein, daß sie die Bewegungen beschränken und genau die Lage der verschiedenen Stücke bestimmen, wenn man sie wieder in ihre ursprüngliche Lage bringt. Der vollständige Apparat ist Tafel II. Fig. 31 abgebildet; er ist auf die Kapsel angeschraubt, in welche man es gewöhnlich einschließt, die mit Fächern versehen ist, um alle Stücke, von welchen wir nachher sprechen wollen, aufzunehmen. Das Okular ist in der Höhe des Auges; der Apparat besteht aus folgenden Stücken:

A Kapsel;

B Schubfach;

CC Bewegliche Tragsäule;

D ein horizontales kupfernes Stück, das mit der Säule vermittelst des Gewindes D abgegliedert, und an welches in E der viereckige Stab F befestigt ist, dessen hintere Fläche von oben nach unten mit einer Verzahnung versehen ist; dieser Stab ist durch den Knopf G an der Säule befestigt;

H concaver Spiegel;

I ebener Spiegel auf der gegenüberliegenden Fläche;

K Knopf, wodurch man den Spiegel in dem kupfernen Halbringe L, der selbst eine Seitenbewegung auf der Kapsel M besitzt, drehen kann;

N Knopf, welcher diese Kapsel auf der Verzahnung des Stabes laufen läßt;

O bewegendes Getriebe der Kapsel P;

Q Nußschraube, welche dazu bestimmt ist, dem Platine eine unmerkliche Bewegung mitzutheilen, um das Objekt genau in den Brennpunkt zu bringen;

R der Körper des Instruments, welcher nach zwei Richtungen beweglich ist: 1) horizontal auf dem Stücke a; 2) vertikal mit Hülfe des Gewindes c. An seinem Ende S befinden sich die Okulargläser, und das Innere der Röhre ist mit schwarzem Sammt besetzt;

S Okular;

T Röhre, welche sich vermittelst einer Verzahnung und des Getriebes U verlängert oder verkürzt. Man hat auf dieser Röhre eine Scale angebracht, um die Verlängernng wahrzunehmen;

V eine an ihrem Ende geschlossene Röhre, die in ihrem Innern den prismatischen Reflektor trägt, der durch den kleinen Knopf b befestigt ist. Diese Röhre ist mit dem Körper R vermittelst einer bajonettartigen Vereinigung verbunden.

X Röhre, die die Linsen trägt;

Y Linsen;

Z Bewegliches Platin und seine Nebenerfordernisse.

Wenn man sich des Apparates bedienen will, so fängt man damit an, ihn in eine horizontale Lage zu bringen, so daß das Okular in der Höhe des Auges ist. Man legt den zu beobachtenden Gegenstand auf das Platin, und man wählt das Okular und Objektiv, welche den Beobachtungen, die man sich vornimmt entsprechen; man macht hierauf mit den Stücken YX eine Viertelsdrehung, und bringt die

Linsen Y an Ort und Stelle. Das Stück X wird in seine ursprüngliche Lage gebracht, und man bestimmt, indem man durch das Okular sieht, die Erleuchtung; dann bringt man das Objekt in den Brennpunkt des Objektivs mit Hülfe des Getriebes O und der Nußschraube Q, und vervollkommnet nun die Erleuchtung. Die Vergrößerung kann auf drei Arten vermehrt werden: 1) dadurch, daß man das Objektiv ändert; 2) durch Verlängerung der Röhre T, ohne die Linsen zu ändern; 3) durch Beibehaltung des Objektives und Veränderung des Okulars.

Es ist leicht, dem Mikroskope eine senkrechte Lage zu geben (Taf. II. Fig. 31). Man nimmt die Stücke VX der Fig. 31. weg, welche man durch das Stück V. Fig. 32 ersetzt und dreht den Körper des Instruments auf dem Gewinde.

Wenn man chemische Erscheinungen beobachten will, so wendet man die Fig. 33 und 34 angenommenen Anordnungen an. Man läßt das Stück VX eine halbe Umdrehung machen, damit die ebene Fläche der Linsen sich gegen die Decke richtet und man nicht zu besorgen habe, daß die Substanzen, welche auf dem Platine liegen, sich auf die Linse legen, und es unmöglich machen, die Wirkungen zu sehen, welche man beobachten will. Das Mikroskop gestattet, wenn es so angeordnet ist, gleichfalls die chemischen Niederschläge zu beobachten. Wir geben hier die Beschreibung der verschiedenen Stücke, welche bei dieser Gattung von Versuchen angewendet werden:

d ist ein Ring, welcher drang auf dem Stücke X gleitet;

e ist ein viereckiger, mit dem Ringe verbundener Stab und mittelst eines Zapfens an dem zweiten Stabe ef befestigt;

g ein Spiegel, dessen reflektirende Oberfläche vorwärts und abwärts gedreht werden kann;

h veränderliches Diaphragma;

i bewegliche Kapsel auf dem Stabe f mit Hülfe einer Verzahnung und des Getriebes k;

l Objektsträger, Ansicht der Oberfläche in Fig. 34;

l'l' kupferne Platte, welche in ihrem Mittelpunkt genau über dem Objektiv durchbohrt ist;

m,m, Weingeistlampen, die sich drang an den beiden Zapfen nn bewegen;

o gläserne Kapsel, welche auf die Oeffnung der Platte l'l' gelegt wird.

Wenn man die Wirkung der Wärme anwenden will, so zündet man die beiden Lampen an, welche die Platten und folglich die Kapsel stufenweise erwärmen.

Wenn das Mikroskop so angeordnet ist, so dient es dazu, die Thierchen, welche nicht auf der Oberfläche der Flüssigkeiten schwimmen, so wie die Cirkulation der Flüssigkeiten in den verschiedenen Thieren zu beobachten. Außer allen diesen Vortheilen kann der Apparat auch als katadioptrisches Mikroskop dienen. Ch. Chevalier glaubte es Universalmikroskop nennen zu müssen.

Wir haben jetzt nur noch verschiedene Nebenerfordernisse anzugeben, wie z. B. die Stücke, welche sich auf die Erleuchtung durchsichtiger und undurchsichtiger Gegenstände, auf die camera lucida und auf das Mikrometer beziehen, das zum Messen der wirklichen Dimensionen der Gegenstände bestimmt ist.

Da die durchsichtigen Körper es nicht alle in demselben Grade sind, so folgt daraus, daß man, um sie im Mikroskop zu sehen, sie entweder mit direktem Lichte oder mit gebrochenem oder reflektirtem Lichte passend erleuchten müsse. Wir wollen nach einander jede dieser drei Erleuchtungsarten prüfen. Das direkte Licht, das man anwendet, ist das der Sonne oder eines Wachslichtes, aber diese Art ist nicht die vortheilhafteste, weil man entweder zu viel oder zu wenig Licht oder ein schwankendes Licht bekommt, welches

den Beobachter ermüdet. Das reflektirte Licht ist das, welches am gewöhnlichsten gebraucht wird. Man stellt das Mikroskop so, daß das Licht, welches durch ein Fenster gelangt, auf einen Spiegel fällt, der zum Apparate gehört, und welcher es auf das Objekt reflektirt. Wenn es nur möglich ist, so muß das Licht selbst von einer weißen Mauer, die in geringer Entfernung vom Fenster sich befindet, reflektirt werden.

Wenn man künstliches Licht anwendet, so umgibt man die Lampe mit einem parabolischen Reflektor, welcher alle Strahlen auf den Spiegel wirft. Wenn das Licht direkt ist, so muß es mit dem Reflektor einen Winkel von 45° bilden, und weder auf die eine noch auf die andere Seite geneigt sein; man stellt sodann den Spiegel so, daß er das Objekt am möglichsten erleuchtet. Der Versuch hat gezeigt, daß die Erleuchtung mit einer Lampe nur dann vollkommen passend ist, wenn die Entfernung der Lampe vom Spiegel gleich der des Spiegels vom Objekte ist. Um das Unbequeme, mit einem Auge zu betrachten, indem das andere geschlossen ist, zu vermeiden, bedient man sich der Scheibe des Amici, welche bloß aus geschwärzter Pappe besteht, die in ihrem Mittelpunkte eine Oeffnung hat, welche man auf das Okular bringt. Wenn man einen sehr durchsichtigen Gegenstand zu beobachten hat, so wendet man, da ein zu großes Licht ihn beinahe unsichtbar machen würde, Diaphragmen an. Einige Versuche reichen hin, um dasjenige anzuwenden, welches am passendsten ist. In dem Falle, wo der Spiegel noch zu viel Licht reflektirt, bringt man auf ihm eine Scheibe von weißer Pappe oder Modellirgypps oder ein Stück geöltes Papier an. Um mehr oder minder starkes Licht zu erhalten, bringt man den Reflektor auf eine solche Weise an, daß eine von den Oberflächen concav und die andere eben ist, dies geschieht nur dann, wenn das Licht zu lebhaft ist.

Indem man den Spiegel mehr oder weniger neigt,

wenn der Gegenstand Vorsprünge hat, so entstehen Schatten, die am meisten dazu beitragen, die Gestalt des Objektes kennen zu lernen. Bis jetzt hat es sich nur um die Beleuchtung mit Hülfe des zerstreuten und künstlichen Lichtes gehandelt; wir wollen nun zeigen, wie man verfahren muß, wenn man sich des Sonnenlichtes bedient. Es ist bekannt, daß die Intensität des Lichts, welches man dem Objekte liefern muß, im umgekehrten Verhältnisse zu dem Vergrößerungsvermögen steht. Man sieht ein, daß es Fälle gibt, wo es nothwendig ist, direkte Sonnenstrahlen anzuwenden; da man aber immer Mittel hat, das stärkste Licht zu mäßigen, so folgt daraus, daß, wenn man sich desselben bedient, man bei geeigneter Behandlung desselben es dahin bringen kann, es so zu benützen, daß man die schwächsten Körper sehen kann.

Es geschieht auch, daß man in dem Falle, wo man die stärksten Linsen anwendet, ein Stück gefärbtes Glas nimmt, vermittelst dessen man die Wirkung eines zu lebhaften Lichtes auf das Auge verhindert. Dieses Stück ist über die Linsen aufgeschraubt. Was die eigentliche Beleuchtung anbetrifft, so wendet man direktes oder reflektirtes Licht an, dies letztere wird jedoch am allgemeinsten gebraucht. Die Beleuchtungsart hat zahlreiche Untersuchungen von Seite der Physiker veranlaßt. Oepinus wandte eine Linse an, mit welcher er die von einem Planspiegel reflektirte Strahlen concentrirte; aber da dann das Licht nur von einer einzigen Richtung herkam, so kam es, daß das Objekt nur unvollkommen erleuchtet wurde. Brewster schlug im Jahr 1820 die Zerlegung des Lichtes im Prisma und die gefärbten Gläser vor und sodann das Licht entweder von der Sonne oder von einer Lampe, durch vier mit Linsen versehenen Oeffnungen gelangen zu lassen, um den Gegenstand von vier verschiedenen Seiten zu erleuchten. Diese Methode wurde nicht angenommen.

Wollaston schlug einen Planspiegel, um das Licht zu leiten und eine ziemlich große planconvexe Linse vor; die ebene Fläche drehte er gegen das Objekt, das er erleuchten wollte. Doktor Brewster verfertigte nach den Principien des Doktor Wollaston folgenden Apparat. Es sei (Taf. II. Fig. 35) mn der Objektträger, PQRST eine Röhre von vier bis fünf Centimetern Länge und schwarz ausgeschlagen. An der Oberfläche dieser Röhre, welche nach allen Richtungen beweglich ist, befindet sich eine Oeffnung ST. Im Innern der Röhre bringt man eine Verbindung von zwei Linsen an, die man achromatische Dublette nennt, und deren Brennweite vierzehn bis achtundzwanzig Millimeter beträgt. Indem man diese Dublette mit Hülfe einer Verzahnung bewegt, so bringt man den Brennpunkt F der parallelen Strahlen in einen Punkt der Ebene MN. Unter dieser Dublette befindet sich eine Ebene LMN, welche auf die Dublette die Strahlen, welche durch die Oeffnung ST kommen, reflektirt. Die Flamme befindet sich in S′, in geringer Entfernung ist ein Gestell, das einen Schirm trägt, welcher Oeffnungen von verschiedenen Weiten hat. Man kann sich im Nothfall einer zweiten achromatischen Dublette ohne Abweichung bedienen, wenn man ein lebhafteres Licht will.

Wir wollen nun zur Beleuchtung dunkler Gegenstände übergehen. Man wendet auch hier wie bei dem vorhergehenden das direkte, reflektirte oder gebrochene Licht an. Im ersten Falle stellt man das Mikroskop so, daß der Gegenstand dem Lichte ausgesetzt ist, das von einem Fenster oder von einer Lampe kommt, und so nahe als möglich bei dem Gegenstande, jedoch so, daß das Auge dabei nicht angegriffen wird; man kann auf diese Weise bei schwachen Vergrößerungen die Farbe und die äußere Gestalt einiger Körper erkennen. Die Anwendung des gebrochenen Lichtes geschieht mit Hülfe einer

ebenen oder convexen Loupe, so daß man auf dem Objekte ein deutliches Bild des leuchtenden Punktes hervorbringen kann, von welchem die Strahlen ausgehen. Man erleuchtet so gut als möglich die Gegenstände mit einem concaven und durchsichtigen Reflektor aus Glas, in dessen Mittelpunkte sich die Linse befindet, so daß der Brennpunkt des einen dem Brennpunkt des andern entspricht. Ch. Chevalier hat auf diese Weise das nöthige Stück angeordnet um die dunkeln Gegenstände passend zu erleuchten.

„Man nimmt das Stück, welches die Diaphragmen trägt, weg, um dem Platin, eine große Oeffnung zu lassen. Der Reflektor, welcher mit seiner Linse versehen ist, ist an dem Ende befestigt, welches gegen das Objektiv des Mikroskops hin liegt, und der untere Spiegel so geneigt, daß er die Lichtstrahlen durch diese Oeffnung reflektirt. An dem concaven Reflektor angekommen, werdeu die Strahlen aufs Neue reflektirt, und vereinigen sich in seinem Brennpunkte in derselben Ebene wie das Objekt; um dieses im Brennpunkte der Linse zu erhalten, wendet man mit vielem Vortheil den kleinen, Taf. II. Fig. 36 abgebildeten Apparat an. Wenn der Körper sehr glänzende Vorsprünge hat, so bedeckt man den unteren Spiegel mit geöltem Papier, oder mit weißer Pappe; oder man bedient sich wohl auch des beweglichen Reflektors, welcher die Veränderung des Brennpunktes zuläßt, und auf das Objekt die nöthige Menge Licht fallen läßt. Man bedient sich vorzugsweise des künstlichen Lichtes und wendet für diese Beleuchtungsart Linsen von der stärksten Vergrößerung an.

Von den Mikrometern.

Wenn man sich des Mikroskops zu Bestimmung der Constitution der Körper bedienen will, muß man vorzügliche Mikrometer zur Verfügung haben, um die Dimensionen der verschiedenen Theile dieser Körper zu messen.

Die Mikrometer sind Glasplatten, auf welchen mit Hülfe eines Diamants und einer Theilmaschine eine große Anzahl Theilstriche auf einem sehr geringen Raume gezogen sind. Man hat es dahin gebracht, ein Millimeter in fünfhundert Theile zu theilen. Aber heutzutage kann man so feine Theilungen entbehren; um sehr kleine zu erhalten darf man nur die Absehlinie auf eine gehörige Weise zurückschieben.

Die Mikrometer sind gewöhnlich an der Oeffnung eines kupfernen Lineals befestigt, wie man Fig. 37 Taf. II. sieht. Es sind zwei Sachen bei dem Mikrometer zu berücksichtigen: die Vergrößerung des Mikroskops und die wirkliche Größe der Gegenstände. Beschäftigen wir uns zuerst mit der Bestimmung der Vergrößerung, und nehmen wir der Einfachheit wegen das Sonnenmikroskop. Man stellt einen Schirm in einer Entfernung von $0^m,25$ auf und bringt auf dem Objektträger ein Mikrometer an, dessen Bild sich auf dem Schirm abbildet. Man mißt alsdann mit einem Zirkel die Größe von einem dieser Theile, und dann hat man das Vergrößerungsvermögen der Linse. Man befolgt dieselbe Methode um die Vergrößerung des einfachen Mikroskops zu erhalten. Nehmen wir an, daß man ein horizontales Mikroskop, dem man die horizontal-vertikale helle Kammer des Amici anpaßt, man bringt das Papier bei $0^m,25$ von der Achse der Linse an und auf das Platin einen Mikrometer der in Hundertel des Millimeter getheilt ist. Man bemerkt auf dem Papier zwei Punkte, welche einem oder mehreren vergrößerten Theilstrichen des Mikrometers entsprechen, und durch die Vergleichung sowohl der Entfernung zwischen den beiden Punkten, als auch der Zahl der Theilstriche, leitet man das Vergrößerungsvermögen der Linse ab.

Diese Methode ist nur bei dem Mikroskope anwendbar, welchem man eine horizontale Lage geben kann, aber wenn dies nicht der Fall ist, so modifizirt

man das Verfahren auf folgende Weise: man stellt abermals bei 0m,25 der Achse und in der Höhe mit der Linse eine Tafel auf, welche mit einem Blatt weißen Papiers überzogen ist, stellt auf die Linse den durchbohrten Spiegel des Amici und richtet seine reflekirende Oberfläche gegen den Abseher; man legt alsdann das Mikrometer auf das Platin, und sieht durch die Centralöffnung des Spiegels. Man sieht zu gleicher Zeit den Abseher und die vergrößerten Theilstriche des Mikrometers, welche auf das Papier gezogen zu sein scheinen. Wenn man auf dem Schirme die Entfernung von einem oder mehreren Theilstrichen des Mikrometers mit dem Zirkel absticht, so darf man nur diese Entfernung mit den Theilstrichen der geometrischen Scale vergleichen, und man erhält auf eine leichte Weise das gesuchte Verhältniß. Um übrigens die wirkliche Größe eines Gegenstandes zu finden, hat man nicht nöthig, zuerst das Vergrößerungsvermögen des Mikroskopes zu bestimmen. Wenn es sich um das einfache horizontale Mikroskop handelt, so ordnet man den Apparat so an, wie wenn man die Vergrößerung messen wollte, und nachdem man auf dem Papier das vergrößerte Bild des Mikrometers gezeichnet hat, das man wegnimmt, so legt man auf das Platin den zu messenden Gegenstand, und vergleicht seine Vergrößerung mit der vorhin erhaltenen Scale.

Wenn die zu messenden Gegenstände außerordentlich klein sind, so muß man sehr feine Theilstriche anwenden; es würde aber alsdann schwer sein, sie mit dem bloßen Auge zu sehen, und doch könnte man keinen genauen Werth erhalten. In diesem Falle muß man auf folgende Weise verfahren: das Mikroskop wird wie oben angeordnet, da man aber nicht mehr die Vergrößerung der Linse zu bestimmen hat, so bringt man das Papier nicht mehr in einer Entfernung von der Linse von 0m,25 an, sondern in eine

wahre Entfernung. Nehmen wir an, diese sei 0m,50, das Mikrometer der Linse sei in Hundertel des Millimeters getheilt, und das Vergrößerungsvermögen der Linse sei hundertfach; wenn das Papier bei 0m,25 läge, so würde ein Hundertel des Millimeters auf dem Papier einem Millimeter entsprechen, in der Entfernung von 0m,50 entspricht ein Hundertel des Millimeter zweien Millimetern. Man nimmt das Mikrometer weg, legt das zu messende Objekt dafür hin, und nichts ist hierauf leichter, als die wirkliche Größe eines seiner Theile kennen zu lernen, wenn sie sogar nur $1/_{500}$ Millimeter betrüge, denn sobald man auf dem Papier ein Bild von $1/_{100}$ Millimeter hat, so kann man es in fünf oder zehn Theile theilen. Man findet große Vortheile dabei, auf diese Weise zu operiren, denn zwei Millimeter sind leichter zu theilen als bloß einer. Wir beschränken uns hier darauf, die allgemeine Methode anzugeben, weil die Gewohnheit zu beobachten, die Modifikationen, die man in den einzelnen Fällen anwenden muß, kennen lehrt. Wir wollen uns jetzt mit dem Maße der Vergrößerung und der wirklichen Größe der Objekte bei dem zusammengesetzten, entweder horizontalen oder vertikalen Mikroskope beschäftigen. Beginnen wir mit dem Vergrößerungsvermögen bei dem horizontalen Mikroskope. Man befestigt zuerst Amici's Camera lucida am Okulare, ein Apparat, von dem wir nachher eine ausführliche Beschreibung geben wollen; man legt auf das Platin ein Objektivmikrometer und auf die Tafel bei 0m,25 der Achse des Instruments ein Blatt Papier, auf welches mit dem Bleistifte zwei Striche gezogen wurden, welche einem oder mehreren Theilstrichen des Mikrometers entsprechen. Man mißt den Zwischenraum mit einem Zirkel und vergleicht ihn mit den Theilstrichen einer metrischen Scale. Das Verhältniß der Theilstriche zu denen des Mikrometers gibt die Vergrößerung des Mikro-

skops d. h. des Objektivs. Es handelt sich jetzt darum, die Vergrößerung des Objektivs und Gesichtsfeldes mit einander zu erhalten. Zu diesem Zwecke nimmt man die Kammer weg, legt auf das Platin ein Mikrometer, bringt es in den Punkt und sucht die unteren Eintheilungen mit den oberen übereinstimmend zu machen, indem man das Stück des Okulars dreht.

Man schlägt den nämlichen Weg ein, um die Vergrößerung des vertikalen Mikroskops zu finden; das Maß der wirklichen Größe der Objekte erhält man mit großer Leichtigkeit bei den beiden Arten von Mikroskopen. Man behandelt das horizontale Mikroskop, wie wenn es sich um das Maß der Vergrößerung handelte, man entfernt bloß das Papier so weit als möglich, um eine Scale zu erhalten, welche eine beträchtliche Vergrößerung zeigt, die sie durch das Mikrometer erleidet. Wenn man die helle Kammer nicht anwendet, so ersetzt man das Objektivmikrometer durch den Gegenstand selbst und sein Verhältniß zum Okularmikrometer gibt das Maß seiner wirklichen Größe. Was das vertikale Mikroskop anbetrifft, so bietet das Messen des Größe der Objektive keine Schwierigkeit dar.

Die Camera lucida, auf das Mikroskop angewendet.

Sie ist, wie man weiß, dazu bestimmt, die Gegenstände, welche dem Mikroskop unterworfen sind, zu zeichnen; in dem Augenblicke, wo sie mit Genauigkeit diese Objekte wieder hervorbringt, kann sie ebenfalls dazu dienen, sie zu messen; außer diesem Gesichtspunkte wollen wir sie hier beschreiben; aber in Hinsicht auf den Zweck, welchen wir uns vornehmen, haben wir jedoch nur die zu beschreiben, welche bei dem Mikroskope eine Anwendung findet.

Es gibt drei Arten von Camera lucida; die erstere verdankt man Wollaston; die zweite Sömmering und die dritte Amici. Die von Wollaston und Sömmering sind bekannt, und wir erwähnen ihrer hier nicht. Wir sprechen nur von der des Amici, die man am Mikroskop von Chevalier anbringt; sie ist Taf. II. Fig. 38 abgebildet.

V ist das Okular des Mikroskops.

M ist ein metallener Planspiegel, der im Mittelpunkte eine kleine Oeffnung hat, welche genau der des Okulars entspricht.

P ist ein rechtwinkliges Prisma, das dazu bestimmt ist, die von dem Papiere kommenden Strahlen in C zu reflektiren; O ist endlich die Stellung des Auges. Sobald das Auge an der Oeffnung des Spiegels M ist, sieht man einerseits den durch das Mikroskop vergrößerten Gegenstand und auf der andern Seite das Bild der Hand oder des Bleistifts, welche sich auf dem Gegenstand zu bewegen scheint, um ihn wieder hervorzubringen, weil das Prisma auf die vom Punkte c herkommenden Strahlen wirkt, um sie in m auf dem Planspiegel zu finden, der sie nach der Richtung mo reflektirte. Diese Camera wird sehr leicht am horizontalen Mikroskope angebracht, wenn man sich derselben beim vertikalen Mikroskope bedienen will, so muß der Apparat eine gehörige Modifikation erleiden; die von Chevalier angegebene scheint uns vortheilhaft zu sein. Man bringt auf das Okular den durchbohrten Spiegel, der auf einer kupfernen Scheibe in einer gewissen Entfernung vom Mikroskope und in derselben Höhe mit dem Spiegel befestigt ist; man richtet das rechtwinklige Prisma parallel mit dem Papier, auf welchem man zeichnen will; das Uebrige geht wie oben vor sich.

Man gebraucht in der Mikrometrie eine große Anzahl von kleinen Nebendingen, deren Beschreibung man in Manuel complet de micrographe von Ch. Che-

valier findet; es ist jedoch eines darunter, dessen wir erwähnen müssen, wir meinen den Goniometer, um die Winkel der mikroskopischen Objekte zu messen. Die erste Idee verdankt man Raspail, sie wurde dann von Lebaillif bei der Verfertigung des kleinen Apparates (Taf. II. Fig. 39) angewandt.

Dieser Apparat wird in dem Okular AB im Brennpunkte des oberen Glases befestigt. Er ist in der Ebene CC abgebildet und besteht aus einem kupfernen Kreis cc, in welchem die Scheibe DD sich dreht, die im Mittelpunkte eine kreisförmige Oeffnung O hat, in welche man eine Glasscheibe bringt, auf welche mit dem Diamant eine Linie ac gezogen ist.

Der Umfang des Kreises DD ist eingetheilt und der Knopf F hat ein Getriebe, welches DD zu drehen gestattet. Man befestigt unter dem Stück cc eine zweite Glasscheibe, auf welcher mit dem Diamant die Linie bd gezogen ist. Man beginnt damit, die Linien auf den beiden Scheiben in Uebereinstimmung zu bringen, wenn man den Knopf F dreht, so theilt man die Bewegung dem Stücke D mit. Die Linien schneiden sich alsdann nach Winkeln, welche man mit Hülfe der auf dem Kreis c gezogenen Grade messen kann.

Viertes Kapitel.

Struktur und Constitution der Pflanzen.

Die unorganisirten Körper zeigen sich uns unter tausend verschiedenen Gestalten, und nur selten geschieht es, daß wir sie im krystallinischen Zustande oder mit polyedrischen Gestalten mit ebenen Flächen, die mehr oder minder den Polyedern aus der Geometrie ähnlich sind, erblicken. Obgleich es sehr schwierig ist, die Ursachen, die bei der Krystallisation mitwirken, kennen zu lernen, so ist es doch möglich, mit Hülfe der Spaltung, die allgemeinen Gesetze,

nach welchen sich ihre Struktur richtet, kennen zu lernen, während man in Beziehung auf die organischen Körper nicht so weit gekommen ist, deren zusammengesetztere Constitution uns jetzt beschäftigen soll. Wir beginnen mit den Pflanzen, eine einfachere Organisation als die der Thiere; man findet daselbst die Regelmäßigkeit der Krystalle bei weitem nicht; ihre Oberflächen sind nicht mehr von ebenen Flächen begränzt, ihre Formen sind mehr oder weniger abgerundet; außerdem ist die Regelmäßigkeit nur scheinbar, denn es ist unmöglich, eine Blume zu finden, deren Blumenblätter vollkommen gleich sind, und ein Blatt, das eine vollkommene Identität auf beiden Seiten zeigte. Man kann sich demungeachtet nicht enthalten, eine Symmetrie in der Zusammensetzung und der Struktur, entweder in den Blumenblättern oder in den beiden Theilen eines Blattes zu erkennen. Wegen dieser mehr oder minder vollkommenen Symmetrie ist man veranlaßt, die Pflanzen als regelmäßig organisirte Körper zu betrachten. Es kommen in den Pflanzen wie in den Krystallen Unregelmäßigkeiten vor, die von besonderen Erscheinungen abhängen, die einem constanten Gange unterworfen sind, wie die Mißgestaltungen uns zahlreiche Beispiele davon liefern.

Man sieht auf den ersten Anblick, daß eine Pflanze, welche mit allen ihren Organen versehen ist, aus einem Stamme, Aeste, oder Zweige, die mit Blätter Blüthen oder Früchten je nach der Jahreszeit versehen ist, besteht, und, wenn man sie von der Erde trennt, aus Wurzeln, welche sich ins Unendliche in mehr oder minder kleine Würzelchen verzweigen, wie sich die Aeste in Zweige theilen; man muß jeden dieser Theile analysiren, wenn man die Struktur, so wie die Elemente, aus denen er besteht, kennen lernen will. Aber nicht alle Pflanze zeigen diese Theile in demselben Grade entwickelt, es gibt welche, die nur die Rudimente davon zeigen; daher die Ein-

theilung der Pflanzen in Klassen, in Gattungen, in Arten und in Familien. Man unterscheidet zwei große Klassen: die Zellenpflanzen oder Akotyledonen, nach Jussieu, oder Agamen nach Lamarck, und die Gefäßpflanzen oder Phanerogamen. Die ersten bestehen aus einem abgerundeten oder gestreckten Zellengewebe, die zweiten auch aus einem Zellengewebe und aus Gefäßen. Die Phanerogamen zerfallen wieder in zwei große Hauptklassen: die Dikotyledonen oder Exogenen, die Monokotyledonen oder Endogenen. Wir wollen uns bloß mit den letzteren wegen ihres mehr oder minder vollkommenen Zustandes beschäftigen, und schnell die verschiedenen Theile, woraus sie bestehen, besonders diejenigen beschreiben, welche wir beim Studium der Physik in ihrer Anwendung auf die Pflanzenphysiologie nöthig haben werden.

Der Stamm der Gefäßpflanzen ist der Haupttheil; er erhebt sich senkrecht, wenn keine störende Ursache da ist, die ihn von dieser Richtung abweichen läßt. An seinem oberen Theile befinden sich die Aeste und die Blätter, Respirationsorgane; an dem unteren Theile die Wurzeln, welche im Boden, durch das Dazwischentreten von schwammartigen Wülstchen, die zur Nahrung nothwendigen Elemente einsaugen. Der Stamm ist mehr oder weniger entwickelt, manchmal ist er verkrüppelt oder in der Erde verborgen, wie die Knollengewächse, deren Stengel nichts anderes ist als die kreisförmige Platte, welche die Basis der Zwiebel bildet, und woher einerseits die Wurzeln, andererseits die Blätter und Blüthen kommen. Alle Gefäßpflanzen sind also mit einem Stamme versehen, welcher sich in dem äußersten Falle zu einer Ebene reduzirt. Das Streben nach einer senkrechten Stellung, womit wir uns zu beschäftigen haben werden, wenn wir von der Wirkung der Schwere auf die Vegetation sprechen, fehlt nur bei einigen Schmarotzerpflanzen, wie z. B. bei der Mistel, und welche,

da sie nur von dem durch andere Pflanzen vorbereiteten und ausgearbeiteten Safte leben, sich winden, um ihre Nahrung überall zu nehmen, wo sie sie finden. Man unterscheidet bei dem Stamme den Hauptstamm, die Aeste, welche eine weit weniger constante vertikale Richtung annehmen und gewöhnlich mit Blättern oder Schuppen versehen sind, wenn jene fehlen. Die Verbindungspunkte des Stammes und der Wurzeln bilden den Wurzelhals.

Die Blätter entspringen gewöhnlich aus Knoten, welche sich auf den Stengeln von Weite zu Weite befinden (Fig. 1 Taf. III.), und scheinen aus Geflechten, aus Fasern zu bestehen, wie man es bei den Gramineen sieht. Die Stämme so wie die Aeste endigen sich im Allgemeinen in grüne, weiche, krautartige Theile. Es gibt Pflanzen, deren Stämme größtentheils aus dieser grünen Substanz bestehen; man nennt sie krautartige Pflanzen, Kraut. Ihr Dasein ist weit kürzer als das der anderen Pflanzen; im Allgemeinen gehen sie am Ende eines Jahres zu Grunde, oder es treiben, wenn der Stamm abgestorben ist, aus dem Wurzelhalse das kommende Jahr andere Stämme.

Die Stämme der Pflanzen, welche mehrere Jahre leben, und welche man deßwegen perennirende Pflanzen nennt, haben mehr Bestand, und sind härter als die vorhergehenden. Bei den perennirenden Pflanzen unterscheidet man: 1) die fleischigen Stämme, deren äußerer Theil von einem grünen, sehr entwickelten Parenchyme umgeben ist; 2) die holzigen Stämme, welche die Consistenz und das Aussehen des Holzes haben. Die Pflanzen dieser letzten Kategorie theilt man in Halbsträucher, Sträucher und Bäume ein. Obgleich die Stämme gewöhnlich eine senkrechte Stellung annehmen, so neigen sie sich dennoch, wenn sie zu schwach sind. Wenn sie sich nicht wieder aufrichten können und sich krümmen, bis ihr

Gipfel die Erde berührt, so fassen sie daselbst Wurzeln, wie die Fettpflanzen Beispiele davon sind. Es ereignet sich oft, daß die Stämme, die sich nicht selbst auf dem Boden halten können, zum Unterstützungspunkte die Körper nehmen, die sich in ihrer Nähe befinden, wie z. B. die Schlinggewächse. Die Aeste oder Zweige, mit welchen die Stämme versehen sind, laufen auseinander und tragen Blätter und Blüthen; sie entstehen aus den Achseln der Blätter oder sehr nahe dabei und suchen ebenfalls sich nach der Vertikalen zu richten; aber nach Maßgabe, als sie sich vergrößern, suchen sie eine horizontale Richtung einzunehmen, sowohl wegen ihrer Last, als auch, weil ihre Endpunkten sich nach unten richten, um das Licht zu suchen. Da die unteren Aeste die ältesten sind, so sind sie natürlich auch die längsten. Es findet ein solches Verhältniß zwischen den Aesten und den Wurzeln Statt, daß ein dicker Ast einer dicken Wurzel entspricht, und daß, wenn eine pfahlwurzeltreibende Pflanze ihre Pfahlwurzel verliert, der Hauptstamm aufhört zu wachsen, und Seitenäste treibt.

Wir wollen nun nach und nach in das Innere des Stammes der Dikotyledonen und Monokotyledonen eindringen.

Bei dem Stamme der Dikotyledonen findet man zwei getrennte Theile: den Holzkörper, der im Mittelpunkte liegt, und den Körper oder das Rindensystem, welches den Holzkörper umgibt, und welches man Rinde nennt. In jedem von diesen Theilen bemerkt man zwei verschiedene Theile, welche in umgekehrter Richtung von einander liegen: der parenchymatische Theil, das Mark, welcher den Mittelpunkt einnimmt und der fasrige Theil, welcher aus dem Holze und dem Splinte besteht und schichtenweise um das Parenchym liegt. Bei der Rinde befindet sich der parenchymatische Theil, oder das Rindenmark, welches Zellenhülle heißt, außen, während der faserige

Theil, welcher die Rindenschichten und den Bast umfaßt, im Innern ist. Es findet demnach eine Umkehrung in der Stelle Statt, welche das Rindenmark und der faserige Theil einnehmen, die in ihrer Zusammensetzung Aehnlichkeit haben.

Der Stamm der Monokotyledonen unterscheidet sich von den vorhergehenden dadurch, daß er bloß eine homogene Masse, statt zwei verschiedene Körper zeigt, welche nach entgegengesetzter Richtung wachsen. Ueberdies hat er keine Markröhre, noch unterscheidbare Markstrahlen; die alten und neuen Holzfasern sind vom Mittelpunkte bis zum Umfange vermischt und bilden keine regelmäßigen Schichten. Die Figur 2 Taf. III. stellt den Querschnitt eines Astes der Asclepias fructicosa dar: a Rinde, b Mark, d poröse Gefäße, e eigentliche, in Büschel vereinigte Gefäße. Fig. 3 zeigt den Quer- und Längenschnitt eines Stammes der gemeinen Eiche: a Rinde, b Splint, c andere Masse des jungen Holzes, d Markröhre, welche durch das aufeinanderfolgende Zurücktreiben der Holzschichten auf einfache Punkte reduzirt wurde; Fig. 4 einfache Poren der Epidermis; Fig. 5 häutige Poren.

Die Wurzeln sind die Theile der Pflanzen, welche sich gegen die Erde richten; sie unterscheiden sich von den Stämmen dadurch, daß sie nicht wachsen, selbst wenn sie der Luft ausgesetzt sind, mit Ausnahme ihrer Extremitäten oder Wurzelschwämmchen, die eigentlichen Gewebe, die dazu bestimmt sind, das Aufsteigen des Saftes in den Pflanzen hervorzubringen. Die Wurzeln unterscheiden sich von den Stämmen dadurch, daß sie weder Trachäen noch Spaltöffnungen haben. Querschnitte, welche bei den Wurzeln gemacht werden, zeigen dieselben Theile, wie sie bei den Stämmen vorkommen, nur fehlt den Wurzeln der Dikotyledonen das Mark. Der größere Theil der Wurzeln verästet sich, entweder seitwärts oder an ihren Extremitäten, in eine Menge sehr dünner

Fasern, deren Ganzes die Haarwurzel bildet. An den Enden dieser Fasern befinden sich die Wurzelschwämmchen. Man sieht Fig. 6 Taf. III. eine Pfahlwurzel mit gegliederten Aesten.

Die Blätter ziehen besonders wegen der wichtigen Rolle, die sie bei der Vegetation spielen, die Aufmerksamkeit der Botaniker auf sich, sie sind die Organe der Respiration, der wässerigen Ausdünstung und der Zerlegung der Salze und der Säfte. Das Blatt besteht aus folgenden Theilen: der Blattstiel, oder Schwanz des Blattes, ist die Faser, welche von dem Stamme herkommt, und einen wenig oder gar nicht ausgebreiteten Büschel bildet, welchen man Saum nennt. Dieser Saum ist derjenige Theil, wo die Fasern mehr oder weniger divergiren, man unterscheidet daselbst die Rippen oder Faserbüschel, welche das Skelet bilden und sich in primäre, secundäre, tertiäre theilen. Zwischen den Rippen befindet sich ein Zwischenraum, welcher von dem Parenchym, das nichts als ein Zellgewebe ist, ausgefüllt wird. Wenn man den Saum nach einem Querschnitte untersucht, so findet man drei verschiedene Theile: 1) die obere Fläche; 2) die untere Fläche; 3) der zwischenliegende Raum, der mit einem Organe, das man Mesophyll nennt, angefüllt ist, welches wirklich den Blattkörper bildet. Das Mesophyll enthält allem Anscheine nach zwei sehr wichtige Systeme; das erste, welches den aufsteigenden Saft aufnimmt und ihn in Berührung mit der Luft zu seiner Verarbeitung bringt und die Ausdünstung der überflüssigen Theile gestattet, während das zweite den zubereiteten Saft aufnimmt, und ihn in den Stamm zurückführt, um als Nahrung zu dienen. Was die beiden Oberflächen des Blattes anbetrifft, so sind es nur Häutchen, welche dazu bestimmt sind, das Mesophyll zu schützen, und können in den Pflanzen, wo das Zellgewebe in Menge vorhanden ist, leicht weggenommen werden. Sie sind oft sehr ver-

schieden; das obere hat ein mehr gleichförmiges Aussehen als das untere, es hat weniger Haare, und die Spaltöffnungen, welches nichts anderes als die Mündungen des Häutchens sind, fehlen oft. Jede Oberfläche scheint eine besondere Rolle zu spielen, denn wenn man ein Blatt umdreht, so nimmt es bald seine ursprüngliche Lage wieder an, wenn man es sogar daran hindert. Die Figur 7 Taf. III. zeigt ein Blatt, welches auf ein einfaches holzartiges Gewebe reduzirt ist, um die Art und Weise kennen zu lernen, nach welcher es in den Pflanzen sich anastomosirt, um daraus gewissermaßen das Gerippe zu bilden.

Nach den Blättern kommen natürlich die Reproduktionsorgane, welche an den Enden der Stämme sind. Alle organisirten Körper, Pflanzen oder Thiere werden von einem Keime reproduzirt, welcher auf eine gewisse Weise der Körper selbst im Kleinen oder ein Theil dieses Körpers ist. Zwei entgegengesetzte Meinungen, trennen schon lange die Physiologen, und werden sie vielleicht noch lange trennen. Die Einen meinen, die Keime werden von den Reproduktionsorganen gebildet, die Andern nehmen an, daß sie schon voraus empfangen sind und lassen demnach ihren Ursprung auf die Schöpfung der Wesen zurückgehen. Nach dieser letzteren Ansicht würden alle Keime in einander eingeschachtelt sein und sich im Laufe der Jahrhunderte ins Unendliche losmachen. Die Keime zeigen sich in zwei verschiedenen Zuständen: bald entwickeln sie sich nach den Gesetzen der Ernährung, wie die Zweige, die Knötchen, die Brutzwiebel, die Ableger oder die Knospen Beispiele davon sind; bald sind sie das Resultat einer Befruchtung, welche in einem Apparate bewerkstelligt wird, der aus Organen besteht, deren Vereinigung die Blüthe bildet.

Nicht alle Pflanzen sind mit deutlichen Geschlechtsorganen versehen; diejenigen, welche sie besitzen, heißen

Phanerogamen, und die, welche keine zu haben scheinen, Kryptogamen. Bei den Phanerogamen steht die Blüthe auf einem Zweige oder Blüthenstiele von einer Länge, die nach der Art veränderlich ist. Die Blüthenstielchen entstehen entweder unmittelbar auf dem Stamme oder auf Theilen desselben oder auf Zweigen; man nennt Blüthenstiele diese Zweige oder Blüthenstämme. Die Blüthenblätter sind diejenigen, deren Blattwinkel ein Blüthenstielchen treibt. Man nennt sie Deckblätter, wenn sie sich von den gewöhnlichen Blättern durch die Größe, die Farbe, die Form, die Consistenz unterscheiden. Die Deckblätter müssen angesehen werden, als dienen sie dazu, die Theile der Blüthe zu schützen und zu ernähren. Ohne uns in eine ausführliche Untersuchung aller Theile der Organe, welche eine Blüthe bilden, einzulassen, sagen wir, daß man die Pistille und die Staubgefäße als Befruchtungsorgane ansieht. Die ersten enthalten die Eichen und sind folglich die weiblichen Organe, die zweiten bereiten die Samenflüssigkeit und sind folglich männliche Organe. Die Staubgefäße sind frei (Fig. 9) oder verwachsen, einbrüdrig (monadelphisch) (Fig. 10). Die Korolle ist einblättrig oder vielblättrig (Fig. 11, 12), von derselben Art wie diese Organe, sie umhüllt sie unmittelbar und beschützt sie. Der blätterartige Kelch dient ihnen als äußere Decke, er ist einblätterig oder mit verwachsenen Blättern oder vielblätterig oder freien Blättern (Fig. 13 und 14). Der Torus dient zur gemeinschaftlichen Grundfläche für die Korolle und die Staubgefäße; wir dürfen ebensowenig die Achse oder die Verlängerung des Blüthenstielchens auslassen. Das Pistill (Fig. 8) besteht aus der Narbe a, dem Griffel b, dem Ovarium d, den Eichen c. Diese Organe sind selbst wieder aus verschiedenen Theilen zusammengesetzt, unter denen es mehrere gibt, die eine wichtige Rolle bei den Erscheinungen der Ernährung spielen.

Das Staubgefäß besteht aus einem Faden und einer Anthere. Der Staubfaden hat bald eine cylindrische, eine prismatische, dünne, sehr gestreckte Gestalt, bald ist er lanzenförmig, zusammengedrückt und manchmal an seinem Gipfel in Gestalt von einer Kapuzе entfaltet. Die Anthere ist ein Beutel, welcher von dem Faden getragen wird und den Pollen enthält, worin sich die befruchtende Materie befindet.

Jedes Körnchen enthält in seinem Innern eine etwas klebrige Flüssigkeit, welche Körnchen zu enthalten scheint, die den Samenthierchen ähnlich sind. Die Fig. 15 zeigt den freien Pollen, die Fig. 16 den aufgeklebten Pollen, die Fig. 17 den Pollenschlauch, welcher die befruchtende Flüssigkeit ausspritzt. Im Pistille, dem weiblichen Organe der Blüthe befinden sich die Eichen, welche auf einem Mutterkuchen befestigt sind. Dieses Organ endigt sich in die Narbe, eine Art Schwämmchen, welches sich am Ende des Griffels befindet.

Die Nektarien sind absondernde Drüsen, welche auf einem von den Blüthenorganen liegen und einen Saft enthalteu, den man Nektar nennt, den zu ihrer Nahrung die Sauginsekten aufsuchen. Sobald als die Befruchtung vollendet ist, verblühen die Geschlechtsorgane und alle Theile der Blüthe nach und nach. Die befruchteten Eichen entwickeln sich, werden in Körner umgewandelt und die Pistille in Früchte, welche selbst Körner enthalten. Diese Hülle, welche die Körner enthält, heißt man Perikarp. Um das Perikarp recht zu kennen, muß man einen Begriff von den verschiedenen Hüllen haben, aus denen es besteht.

Die Karpelle sind wirklich die weiblichen Organe der Pflanzen. Es sind diejenigen, welche im Mittelpunkte der Blüthe bald frei, bald verwachsen stehen, und das Pistill während der Blüthenzeit und die Frucht, wenn sie vollendet ist, bilden. Das Karpell

besteht, wie das Blatt, aus drei Theilen, einer äußern Oberfläche, einer innern Oberfläche und einem Geflechte von Fasern und Gefäßen und Zellengeweben; dieses Organ, welches beim Blatte Mesophyll heißt, nennt man bei den Karpellen Mesokarp, und Sarkokarp oder Fleischfrucht, wenn es sehr dick und sehr fleischig ist.

Die Früchte sind ganz, eingetheilt, abgetheilt oder vielfach, je nachdem die Karpelle, nach ihrer ganzen Länge, oder bloß in der Hälfte dieser Länge verwachsen sind, oder je nachdem die Karpelle an der Basis verwachsen oder frei sind. Die Fig. 18 Taf. III. zeigt die Frucht oder den Embryo, der mit allen seinen Hüllen versehen ist, und die Fig. 19 die verschiedenen Theile, woraus er besteht: a ist das Epikarp, b das Mesokarp, c das Endokarp. Um einen vollständigen Begriff von den Früchten zu erhalten, muß man noch die Theile der Blüthe kennen, welche zu der Bildung der Frucht kommen. Diese Theile sind der Torus und der Kelch oder die Blüthenhülle; der erste ist schon bestimmt worden, der Kelch, der ebenfalls schon beschrieben wurde, verlängert sich um die Frucht, entweder in Gestalt von getrennten Schuppen, von fadenförmigen Fasern oder in Gestalt einer häutigen Schale, welche die Karpelle umgibt, ohne mit ihnen verwachsen oder frei zu sein, der Torus und der Kelch vereinigen sich auf den Karpellen und bilden alsdann ein Ovarium oder einen verwachsenen Kelch. Es gibt ferner Organe, die einen Theil der Frucht auszumachen scheinen, obgleich sie unter den Blüthen liegen, dies sind die Deckblätter, die Blüthenstiele und die Blüthenböden. Am Ende der Nabelschnur befindet sich das Samenkorn, die Berührungspunkte bilden den Nabel. In gewissen Punkten erweitert sich die Nabelschnur, ehe sie zum Korne gelangt. Der erweiterte Theil heißt Samendecke.

Wir gelangen nun zur Struktur des Samenkorns,

dessen Kenntniß von Wichtigkeit ist, wenn man den Einfluß der physischen Kräfte auf das Keimen studiren will.

Das Samenkorn (Fig. 20 Taf. III.) ist nach der Befruchtung ganz einfach eine von allen Seiten geschlossene Höhlung, welche den Keim der Pflanze oder besser gesagt das Rudiment dieser Pflanze enthält, welches ein Embryo ist, der mit verschiedenen Theilen ausgestattet ist, wovon die einen zur Nahrung der jungen Pflanzen in den ersten Zeiten des Keimens und die andern zu schützenden Decken dienen. Diese Decken heißen manchmal Samendecke, Samenhülle oder Samenhaut, und enthalten das Eiweiß oder die Kernmasse und den Embryo, demnach besteht das eigentliche Samenkorn aus drei Haupttheilen, die man in der angewandten Physik nothwendig kennen muß, nämlich die Samendecke, das Eiweiß und der Embryo.

Die Samendecke besteht häufig aus zwei Schichten oder getrennten Membranen, von denen die äußere gewöhnlich mehr Widerstand leistet und insbesondere den Namen Samenhaut erhalten hat, die innere, dünnere heißt innere Samenhaut oder innere Membrane.

In der Dicke der Samenhaut zeigen sich die Gefäße, die vom Nabelstrange herkommen und dem Embryo seine Nahrung zuführen. Die Mandel oder der Kern des Samenkorns ist der Theil, welcher in der Samendecke enthalten ist; nun begreift der Kern den Embryo, seine Anhängsel und das Eiweiß, das ein Körper ist, den mehrere Samenkörner gemeinschaftlich haben.

Das Eiweiß, welches darum so genannt wurde, weil seine Funktionen denen des Albumins oder Eiweiß ähnlich sind, dient dazu, die Pflanze zur Zeit des Keimens zu ernähren; bald ist es ölig, bald mehlig, bald zeigt es sich in hornartigem Zustande,

und verwandelt sich bei dem Keimen, mit Hülfe des Wassers und der Wärme, in eine milchige Materie, welche von dem Embryo absorbirt wird und zu seiner Entwicklung dient.

Der Embryo ist, wie wir bereits gesagt haben, eine junge Pflanze im Kleinen, die mit allen Organen versehen ist, die zu ihrer Ernährung unerläßlich sind, als Wurzeln, Stämme und Blätter. Die Wurzel heißt Würzelchen, der Stamm Stämmchen, und die Blätter Kotyledonen. In den Anwendungen der physischen Kräfte auf die Vegetation werden wir sehen, auf welche Weise sich die verschiedenen Theile des Embryo entwickeln.

Das Würzelchen hat in den meisten Fällen eine konische Form, welche die größte Aehnlichkeit mit den gewöhnlichen Wurzeln hat; es wird vom Wurzelhals bis zu seinem Ende, das sich in eine Spitze endigt, immer dünner. Die Wurzeln sind oft mit silberweißen, ziemlich langen, straubigen und sehr weichen Haaren versehen.

Das Stämmchen geht nach einer, dem Würzelchen entgegengesetzten Richtung. Von dem Keimen an richtet es sich gegen das Zenith, und wird durch die Wirkung des Lichtes grün. Das Stämmchen geht von dem Wurzelhalse bis zu den Kotyledonen, die Fortsetzung des Stämmchens über die Kotyledonen hinaus und die anfänglichen Blätter, die es trägt, bilden das Knöspchen oder Federchen.

Die Kotyledonen sind, wie man bereits sah, die ersten Blätter des Pflänzchens; die Samenkörner können einen, zwei oder mehrere Kotyledonen haben. Im ersten Falle heißen die Pflanzen Monokotyledonen; im zweiten Dikotyledonen und im dritten Polykotyledonen. Man nennt endlich die Pflanzen, welche keine Kotyledonen haben, Akotyledonen.

Die Kotyledonen sind entweder fleischig oder blatt=

artig; sie sind fleischig und färben sich nicht grün, wenn sie keine Spaltöffnungen haben; sie sind blattartig, wenn sie mit Spaltöffnungen versehen sind.

Es bleibt uns nur noch übrig, die Reproduktionsorgane der kryptogamischen Gewächse zu beschreiben. Es ist nicht möglich, wie Decandolle bemerkt hat, anzunehmen, daß es Pflanzen gebe, welche keine Geschlechtsorgane besitzen; deßwegen hat er diejenigen Pflanzen, deren Befruchtung dunkel und sogar zweifelhaft ist, Kryptogamen genannt. Es gibt Kryptogamen, wie mehrere Moose, welche zwei Reproduktionsarten zu besitzen scheinen: Samenkörner und Bulbiten. Dies hat dazu beigetragen, Zweifel über die Struktur der Kryptogamen zu verbreiten.

Die folgenden Figuren zeigen die verschiedenen Theile eines Samenkorns und des Embryo in ihren verschiedenen Entwicklungsstufen:

Tafel III. Fig. 21. a Nabel;
b Nabelfortsatz;
c Keimloch;
Fig. 22. a Nabelfortsatz;
b Nabel;
c Keimloch;
Fig. 23. Embryo;
Fig. 24. Embryo mit einfacher Fruchthülle;
Fig. 25. erste Keimungsart, die Kotyledonen b′ bleiben unter der Erde; c Würzelchen; b″ Stämmchen; b‴ anfängliche Blätter.
Fig. 26. zweite Art, die kotyledonartige Blätter sind erhalten.

Gehen wir nun zu den Elementarorganen der Pflanzen über, um nichts auszulassen, was ihre Constitution betrifft. Wir haben gesehen, daß die Pflanzen, wie alle organisirten Körper, aus Geweben und aus Materien bestehen, die von diesen Geweben, welche die Körper selbst bilden, aufgenommen oder

ausgeschieden worden sind. Man kann diese Elementarorgane nur mit Hülfe des Mikroskops studiren.

Die Meinungen der Physiologen stimmen in der Organisation der Pflanzen nicht überein, und dies rührt größtentheils davon her, daß verschiedene Personen, welche durch das nämliche Mikroskop dasselbe Fragment betrachten, an demselben nicht immer dieselben Sachen erblicken. Wenn man eine Pflanze oder einen Pflanzentheil quer durchschneidet, so sieht man mit Hülfe einer starken Linse oder des Mikroskops ungleiche Höhlen von mannigfaltiger aber häufig sechseckiger Form. Wenn die Pflanze der Länge nach geschnitten wird, so bemerkt man darin Höhlen, die von Scheidewänden begränzt werden oder auch röhrenförmige Höhlen, welche keine Querscheidewände haben, oder zerstreute Fäden, die mehr oder weniger undurchsichtig sind. Man nennt Zellen oder Schläuche die Gefäße, welche von allen Seiten geschlossen sind; Gefäße, die Röhren; und Fasern die Fäden. Wir wollen sehen, worin die Verschiedenheit der Meinungen über die Organisation der Pflanzen besteht; die Einen, und dies ist die ältere Ansicht, behaupten, daß das Pflanzengewebe aus sehr dünnen, mannigfaltig gekreuzten Fasern bestehe; die Andern, daß das Pflanzengewebe eine nach allen Seiten stetige Membrane sei, deren verschiedenartige Spaltungen die leeren geschlossenen Höhlen oder Röhren bilden; es gibt endlich solche, die die Pflanzen als eine Zusammensetzung von Zellen oder Schläuchen ansehen. Wir wollen jetzt nach einander das Zellengewebe, die Gefäße, die Fasern oder Schichten, die Spaltöffnungen oder Poren des Häutchens, die Schwämmchen oder Sauger, die Lencitellen, die Haare, die Behälter des eigentlichen Saftes, die Lufthöhlen u. s. w. durchgehen.

Das Zellengewebe ist membranartig, und wird von einer großen Zahl von Zellen gebildet, wie eine

Honigwabe; man gibt ihm auch den Namen Schlauchgewebe und Parenchym, wenn man es in Masse betrachtet. Die Höhlen des Zellengewebes heißen Zellen, Schläuche oder Bläschen, je nach den Schriftstellern. Dieses Gewebe findet sich in allen Pflanzen; einige von ihnen bestehen allein aus demselben, wie die Schwämme, die Algen. Im Allgemeinen umgibt es die Gefäße; es ist reichlicher vorhanden in den Kräutern, als in den Bäumen, und häufiger in den jungen Pflanzen, als in den alten. Der Durchmesser der Zellen ist verschieden, bei einer dreihundertfachen Vergrößerung von 10 Millimeter auf ein Millimeter.

Die Zellen sind bald rund, bald spindelförmig gestreckt, oder an beiden Enden verdünnt, bald röhrchenförmig oder prismenartig, bald in die Quere verlängert.

Die Zellen sind entweder mit einem wässerigen Safte angefüllt oder voll Luft; man findet darin häufig kleine, freie, undurchsichtige, farblose Körner, welche man Stärkemehl nennt; andere kleine Kügelchen trifft man überdies in den Zellen der blattartigen Parenchyme an, welche sich beim Lichte grün färben, und verschiedene andere Farben annehmen können, diese von Natur harzigen Kügelchen bilden die grüne Masse der Blätter, welche Chlorophyll genannt wird. Die gestreckten Zellen des Holzes, Splintes und der Rindenschichten sind Wände, welche durch die Ablagerung der Holzmaterie verdickt wurden. Da die Zellen von allen Seiten geschlossen sind, so können sie die Säfte nur durch die Wirkungen der Endosmose oder andere aufnehmen; es finden außerdem zwischen den Zellen Arten von leeren Räumen Statt, welche man Intercellulargänge nennt, die mit Säften angefüllt sind. Gehen wir nun zu den Gefäßen über. Die Anatomen stimmen im Allgemeinen über ihre Struktur nicht überein.

Die Gefäße sind cylindrische hohle Röhren, in

denen man keine Scheidewände in transversaler Richtung wahrnimmt, die dazu dienen, sie zu schließen. Sie unterscheiden sich ferner von den gestreckten Zellen dadurch, daß die Wände von diesen nicht mit Punkten, Streifen, Ringen, Spalten oder Spiralen versehen sind. Die spiralförmigen und elastischen Gefäße sind Trachäen, welche jedoch in allen Zellenpflanzen fehlen, wie die Schwämme, Flechten, Algen u. s. w. uns Beispiele davon liefern.

Die ringförmigen oder gestreiften Gefäße, welche nach Mirbel falsche Trachäen sind, zeigen sich in dem Holzstoffe der Gefäßpflanzen. Es sind einfache cylindrische Röhren, welche mit regelmäßigen und unter sich parallelen Querstreifen versehen sind. Die punktirten Gefäße, unter dem Mikroskope gesehen, haben die Form einer cylindrischen Röhre, deren Wände mit in die Quere laufenden Reihen mit undurchsichtigen Punkten bedeckt sind; sie sind sehr zahlreich in den Dikotyledonen. Die paternosterartigen Gefäße unterscheiden sich von den vorhergehenden dadurch, daß sie auf eine mehr oder weniger merkbare Weise von Stelle zu Stelle zusammengeschnürt sind; Mirbel betrachtet sie als Zellen, die mit ihren Enden aneinander liegen. Die netzartigen Gefäße sind seltener als die vorhergehenden, ihr Name zeigt ihre Organisation hinlänglich an, wir enthalten uns daher, mehr darüber zu sagen. Wir gehen nun zu den Fasern und Schichten über.

Die Fasern sind die Fäden, die nach der Länge hin liegen, die man erhält, wenn man der Länge nach einen Stamm der Gefäßpflanze spaltet; unter dem Mikroskope gesehen, scheinen sie aus Gefäßbündeln zu bestehen, umgeben und vermischt von gestreckten Zellen. Die Schichten sind Fasern, die kreisförmig um eine wirkliche oder ideale Achse vertheilt sind, und im Allgemeinen concentrische Ringe oder ineinander geschachtelte Kegel bilden.

Die dünne, durchsichtige Membrane, welche die Pflanzen bedeckt, ist die Epidermis oder das Häutchen. Diese Epidermis besteht aus einer oder mehreren besonderen Schichten von Zellgeweben, die von den folgenden sehr verschieden sind und eine Art Hülle bilden.

Bei den Blättern ist das Häutchen leicht wegzunehmen, es zeigt sich alsdann als eine sehr feine Membrane, welche Flächen von verschiedenen Gestalten hat. Das Häutchen ist gewöhnlich durchsichtig und weißlich, denn die Farbe der Blüthen und der Blätter hängt von der Natur der Stoffe ab, welche in dem Parenchym enthalten sind; demungeachtet hat sie auf die Färbung einen geringen Einfluß, je nachdem sie mehr oder minder durchsichtig ist, oder auch gelbliche Färbungen enthält. Unter dem Mikroskop oder mit Hülfe einer starken Loupe unterscheidet man darin netzförmige Streifen, welche die Maschenform haben, die von den Zellenwänden, die diese Membrane bilden, hervorgebracht werden.

Die Epidermis der alten Stämme hat nicht mehr dieselbe Struktur, sie entsteht durch die Abblätterung der oberflächlichen Schichte der rindenförmigen Zellenhülle. Wegen ihrer Consistenz dient die Epidermis dazu, die Zellenhülle zu schützen und vor der Ungunst der Jahreszeiten zu verwahren.

Das Häutchen, von dem krautartigen Theil der Pflanzen unter dem Mikroskope gesehen, zeigt sich mit eiförmigen Oeffnungen bedeckt, welche man Spaltöffnungen, oder Rindendrüsen, Ausdünstungs-Poren, Poren der Epidermis, Rindenporen nennt, aber man hält sich heutzutage an die Namen Spaltöffnungen; die Form dieser Poren ist bald oval, bald beinahe rund, ihre Größe verändert sich von einer Pflanze zur andern und steht gewöhnlich mit der Größe der Maschen des Häutchens in Verbindung. Die Spaltöffnungen werden mehr oder minder leicht, auf

den Häutchen der Gefäßpflanzen gesehen und im Allgemeinen auf den blattartigen Oberflächen dieser Pflanzen.

Die beiden Flächen der Blätter sind nicht auf gleiche Weise mit Spaltöffnungen versehen, die Blätter des Birnbanms haben nur an der unteren Fläche, die der Liliaceen oder Gramineen haben sie auf beiden Flächen, die schwimmenden Blätter nur auf der oberen Fläche. Die Spaltöffnungen zeigen sich ferner auf den Blattstielen, wenn sie erweitert; auf den jungen Trieben, wenn sie krautartig sind, man trifft sie auch auf den Kelchen, den Hüllen, wenn sie blattartig sind; es verhält sich ebenso bei den Perikarpen, wenn ihre Consistenz blattartig ist.

Die Spaltöffnungen fehlen bei mehreren Gefäßpflanzen, und dies nach der Art der Lebensweise dieser letzteren und besonders auf den Blättern oder Pflanzen, welche im Wasser leben. Obgleich die Funktionen der Spaltöffnungen unter den Physiologen noch ein bestrittener Gegenstand ist, so kann man sich doch nicht enthalten, anzunehmen, daß die Spaltöffnungen nur zur Ausdünstung oder zur Absorption der Luft und des Wassers dienen. Außer den Spaltöffnungen oder sichtbaren Poren gibt es an der Oberfläche der Pflanzen noch unsichtbare, deren Funktion man nicht recht kennt.

Man findet an der äußeren Oberfläche des Gewebes gewisse Theile, welche man schwammige Poren oder Schwammwülstchen nennt, die dazu bestimmt sind, die Flüssigkeiten, mit denen sie in Berührung kommen, zu absorbiren. Diese Schwammwülstchen bestehen aus einem sehr lockeren Zellengewebe, dessen Zellen rund sind. Die Enden der Wurzeln sind damit versehen, und durch sie geht die Absorption der Nahrungssäfte mittelst des Phänomens der Endosmose vor sich. Diese Schwammwülstchen heißen Wurzelschwämmchen. Man hat auch bis-

weilen die Pistillschwämmchen für die Theile des weiblichen Organs angesehen, welche die befruchtende Flüssigkeit absorbiren. Man findet sie am Ende dieses Organs und sie bilden den Hauptheil der Narbe.

Einige Physiologen rechnen zu den Schwämmchen die Extremitäten der Büschel, die in mehreren Flechtenarten vorkommen, so wie die absorbirenden Extremitäten gewisser Sauggefäße; diese letztere dienen den Schmarotzerpflanzen, um den benachbarten Pflanzen die ihnen bestimmte Nahrung wegzunehmen.

Die Rinde der Aeste der Bäume zeigt Flecken, welchen man den Namen linsenförmige Drüsen gegeben hat. Unter ihren Häutchen findet sich ein staubiger, bald grünlicher, bald weißer Haufen, welcher aus den Zellen der getrennten Zellenhülle in Gestalt eines eiförmigen Bläschens zu bestehen scheint. Man findet diese Linsen beinahe in allen Dikotyledonen, ausgenommen in den Coniferen und den Rosen, man findet sie weder in den krautartigen Dikotyledonen, noch in den Monokotyledonen, noch in den Akotyledonen. Ihre Zahl, ihre Größe ändert sich von einem Baume zum andern und oft in den Arten derselben Gattung.

Es gibt bei den Pflanzen, wie bei den Thieren, besondere Organe, Sekretionsorgane, welche einen besonderen Saft auf Kosten der gemeinschaftlichen Nahrungsflüssigkeit verarbeiten, man nennt sie Drüsen. Die einen befinden sich an der Oberfläche verschiedener Organe der Pflanzen, die andern im Innern ihrer Gewebe.

Die Oberfläche der Pflanzen ist mit kleinen weichen Fasern bedeckt, welche viel Aehnlichkeit mit den Haaren der Thiere haben. Diese Haare sind die Verlängerung einer oder mehrerer Zellen. Man unterscheidet mehrere Klassen derselben, die nur durch ihre allgemeine Gestalt Aehnlichkeit haben, welche aber

wegen ihres Gebrauches, ihres Ursprungs, ihrer Struktur von einander verschieden sind. So findet man drüsige, lymphatische, korallenartige, schuppige, Wimper-, Wurzelhaare.

Außer den Drüsen, welche besondere Säfte ausscheiden, gibt es eigene Gefäße oder Behälter, die gefärbte Flüssigkeiten von einer besonderen Natur aber bloß in gewissen Pflanzen enthalten.

Indem das Zellgewebe sich ausdehnt, erzeugt es Höhlungen, welche sich mit einem eigenthümlichen Safte anfüllen, es kommt hie und da vor, daß dieses Gewebe in Folge der Vegetation bei seiner Ausdehnung endlich zerreißt und Höhlen bildet, welche sich mit Luft anfüllen, denen man den Namen Mark, Luftgefäße, zufällige Luftbehälter und endlich Lufthöhlen gegeben hat.

Man unterscheidet endlich in der Struktur der Pflanzen die Raphiden, Krystallbüschel, welche man in den innern Höhlen antrifft.

Dies sind die allgemeinen Angaben, die der Physiker über die Struktur der Pflanzen besitzen muß, wenn er sich Forschungen hingeben will, welche die Wirkung der physischen Kräfte auf die Lebenserscheinungen bei den Pflanzen betreffen.

Von dem Stärkemehl und seiner Constitution.

Es existirt in den verschiedenen Theilen der Pflanzen mehr oder minder reichlich ein Stoff, der eine besondere Organisation hat, den man Stärkemehl nennt und dessen Constitution und physische Eigenschaften die Physiker und Naturforscher kennen müssen. Dieser Stoff findet sich in den Körnern der Cerealien, der Leguminosen, in den Knollen, wie der Kartoffel, des Topinambur u. s. w., in einer großen Zahl von Zwiebeln.

Leuwenhoeck zeigte zuerst im Jahr 1716, daß die Stärkemehlkörner, unter dem Mikroskope betrachtet, eine kugelförmige Gestalt haben; er setzte jedoch seine Untersuchung nicht weiter fort. Seitdem fing man an, die Stärkemehlkörner als Bläschen zu betrachten, die von einem homogenen Stoffe angefüllt waren, welcher Aehnlichkeit mit dem arabischen Gummi hatte. Raspail, der diesen Stoff sorgfältig untersuchte, zeigte, daß jedes Korn aus einer glatten Hülle, die von dem Wasser und den Säuren bei der gewöhnlichen Temperatur nicht angegriffen werde, und aus einer löslichen Substanz bestehe, welche Aehnlichkeit mit dem Gummi habe, und welcher man den Namen Amidine gab, indem man die Benennung Amidin für die Hülle behielt; das Charakteristische aber bei seinen Beobachtungen ist das Dasein eines Punktes, der an den Körnern von mehreren Stärkemehlarten ausgezeichnet ist und den er Nabel nannte. Turpin, der gleichfalls die Stärkemehlkörner der Erdbirne mikroskopischen Beobachtungen unterwarf, beobachtete außerdem auf diesen Körnern Wachsthumszonen und paarweise verwachsene Körner. Biot beobachtete seinerseits deren drei. Chemische Analysen zeigten, daß eine große Anzahl Stärkemehlkörner dieselbe Zusammensetzung, dasselbe Atomgewicht und identische physische Eigenschaften haben. Mit Hülfe des polarisirten Lichtes nahm Biot eine eigenthümliche Constitution und Schichten von ungleicher Dichtheit um eine Achse wahr. Dutrochet bestätigte durch die Endosmose, daß die Körner keine in der Kälte direkt lösbare Substanz enthielten. Da Payen eine große Zahl dieser Körner zerrieb, bewies er, daß wirklich die ganze innere Masse des Stärkemehls fest und im Wasser unlöslich sei; mit Hülfe mehrerer Reaktionen gelang es ihm, die verschiedenen Hüllen des Stärkemehlkorns zu entblättern, und er erklärte die ungleichen Dichtheiten mit Hülfe verschie-

dener Mengen Wasser in den ungleich dichten Schichten. Alle diese Resultate setzten Payen in den Stand, daraus zu schließen, daß das Stärkemehl aus einem einzigen Stoffe bestehe, dessen übereinanderliegende Schichten mehrere Aggregationsgrade haben, und daß es demnach in seiner Zusammensetzung durchaus homogen sei. Die Dimensionen der verschiedenen Stärkemehlkörner sind im Jahre 1825 von Raspail und Dumas mit dem Mikroskope bestimmt worden. Payen hat seinerseits gleichfalls ähnliche Bestimmungen geliefert. Man findet in folgender Tabelle die Hauptresultate, welche erhalten worden sind.

Tabelle der größten Längendimensionen der verschiedenen Stärkemehlkörner, welche in Tausendtel des Millimeters gemessen wurden.

1)	Knollen der großen Erdbirne von Rohan	185
2)	Wurzel des Colombo (menispermum palmatum	180
3)	das umfangreichste Rhizom von Canna gigantea	175
4)	das umfangreichste Rhizom von Canna discolor	150
5)	das umfangreichste Rhizom von Maranta arundinacea	140
6)	Mehrere Erdbirnvarietäten	140
7)	Zwiebel von einer Lilie	115
8)	Knollen von Oxalis grenata	100
9)	Stamm eines sehr dicken eingeführten Echinocactus erinaceus	75
10)	Eingeführter Sago	70
11)	Korn von dicken Bohnen	75
12)	— von Linsen	67
13)	— von Schminkbohnen	63
14)	— von Erbsen	50
15)	Frucht des weißen Weizen	50

16) Sago nicht verändert (Stärkemehl des frischen Marks von der Sagopalme) . . 45
17) Schuppige Drüsen von Hyacinthenzwiebeln 45
18) Blattstielbasis eines Cycas circinalis . . 45
19) Knollen von Bataten 45
20) — von Orchis latifolia und bifolia . 45
21) Frucht des dicken Mais (weißen, gelben und violetten) 30
22) Frucht des rothen Sorgho 30
23) Dicker Stamm des Cactus peruvianus . 30
24) Korn des Naïas major 30
25) Stamm des Cactus pereskia grandiflora 22,5
26) Korn des Aponogetum distachyum . . . 22,5
27) Stamm des Ginkgo biloba (Salisburia adiantifolia) 22
28) Stamm des Cactus brasiliensis . . . 20
29) Frucht des Panicum italicum 16
30) Körner des Naïas major halb entwickelt . 16
31) Pollen des Globba nutans 15
32) Stamm des Cactus flagelliformis . . . 15
33) Stamm des Echinocactus erinaceus aus dem Treibhaus 12
34) Pollen des Ruppia maritima 11
35) Stamm des Opuntia tuna und Ficus indica 10
36) — — — curassavica . . . 10
37) Frucht der dicken Hirse Panicum miliaceum 10
38) Stamm des Cactus mamillaria discolor . 8
39) Rinde des Aylanthus glandulosa . . . 8
40) Stamm des Cactus serpentius 7,5
41) Wurzel der Pastinake 7,5
42) Pollen des Naïas major 7,5
43) Stamm des Cactus monstruosus 6
44) Korn der Runkelrübe 4
45) Korn des Chenopodium quinoa 2

Um die Constitution der Stärkemehlkörner und ihre Bruchart zu studiren, muß man nach Payen sie

zerbrechen, ohne die Substanz zu verändern, das beste Mittel ist, sie durch einen gradweisen Druck zu zerdrücken. Zu diesem Ende drückt man die Stärkemehlkörner der Kartoffel von Rohan wegen ihrer Dicke zwischen zwei Glasplatten zusammen; dann unterwirft man sie der mikroskopischen Untersuchung. Man erkennt alsdann mehr oder minder tief gespaltene, sternförmige Körner und wieder andere, die in verschiedene Fragmente zertheilt wurden. Die Fig. 27, 28 — 32 Tafel III. zeigen die verschiedenen Gestalten, die das Stärkemehl annimmt.

A und A′ (Fig. 27 und 28) zeigen die Stärkemehlkörner, welche von der Kartoffel von Rohan, die vollständig zur Reife gelangte, erhalten wurden. Diese Körner bestehen aus sphäroidischen und ellipsoidischen Theilen. Die Bezeichnung des Nabels befindet sich auf ihrer Oberfläche, wie die der Linien der Wachsthumsgrade der freiwilligen Zerreißungen.

Stück eines Korns (Fig. 29).

Zerbrochenes sphäroidisches Korn (Fig. 30).

Ellipsoidisches Korn, welches nach den Schnitten, die vom Mittelpunkte ausgehen, in drei Theile zerbrochen wurde (Fig. 31).

Fig. 32, 33, 34 Stärkemehlkörner im Normalzustande von Colombo. Man bemerkt dort warzenartige Anschwellungen, welche von diesen Körnern auszugehen scheinen, und sich manchmal in spindelförmige Kanten verlängern. Man sieht dort die Stelle des Nabels.

Das Stärkemehl der verschiedenen Pflanzen zeigt uns Eigenthümlichkeiten, von denen wir darum nicht reden können, weil wir uns in Einzelnheiten einlassen müßten, die übrigens nicht in unsern Bereich gehören.

Fünftes Kapitel.

Von der Organisation und Struktur der Thiere.

Bei den Thieren und den Pflanzen haben die Lebenserscheinungen zahlreiche Aehnlichkeitspunkte, aber auch große Unähnlichkeiten wegen der Organisationsart der Individuen, welche diese beide großen Körperklassen bilden. Um die Gränzlinie, welche sie trennt, besser zu ziehen, folgen wir in Beziehung auf die Organisation und die Struktur der Thiere demselben Plane, wie wir ihn für die Pflanzen angenommen haben.

Es finden solche Verschiedenheiten zwischen gewissen Thieren in Beziehung auf ihre Organisation Statt, daß es unmöglich ist, diese auf eine allgemeine Weise zu beschreiben, wenn man auch den Menschen zum Typus annimmt, ohne von diesen Verschiedenheiten zu reden, ebenso wie wir angeführt haben, daß die Pflanzen in Monokotyledonen, Dikotyledonen und Akotyledonen zerfallen.

Von den großen Abtheilungen des Thierreichs.

Cuvier hat das Thierreich in vier große Abtheilungen gebracht:

die Wirbelthiere;
die Mollusken;
die Gliederthiere;
die Zoophyten oder Strahlthiere.

Jede dieser Eintheilungen besteht aus Körpern, welche nach demselben und doch so verschiedenen Plane gebildet sind, daß man nicht von einem Plane zum andern ohne eine bedeutende Veränderung übergehen kann. Man kann wirklich durch stufenweise Modifikationen, indem man von der Organisation des

Menschen ausgeht, zu der der Säugethiere, von der Organisation der Säugethiere zu der der Vögel, der Reptilien, der Fische gelangen; aber es gibt keinen möglichen Uebergang von den Fischen zu den Mollusken, und die Verschiedenheiten zwischen den Gruppen, welche aus den Mollusken, Gliederthieren und Zoophyten bestehen, sind beträchtlich. Es gibt demnach bei den Thieren vier große Formtypus, deren allgemeinste Charaktere wir anzugeben versuchen wollen.

Die Wirbelthiere sind mit einem Rückenmarke versehen, das einen Markkegel bildet, von welchem Nerven ausgehen, welche sich in alle Theile des Körpers verzweigen, der, indem sie eine größere Entwicklung an seiner vorderen Extremität erhalten, das Encephalum bildet. Sie besitzen allein ein doppeltes Nervensystem, das des Rückenmarks und das der Ganglien, und einen Kanal, der aus knochenartigen oder knorpelartigen Wirbeln besteht, zwei horizontale Kinnbacken, ein muskulöses Herz, rothes Blut, ein chylusführendes und absorbirendes Gefäßsystem, eine Leber, eine Milz, eine Magendrüse, Nieren und endlich Organe für das Gesicht, Gehör, den Geruch, Geschmack und das Gefühl.

Die Mollusken besitzen eine Kopfmasse, welche allgemein als ein sehr reduzirtes Gehirn betrachtet wird, aber sie haben weder Rückenmark noch lymphatische Drüsen; sie haben nur ein Ganglienvervensystem. Sie haben außerdem weder ein wirkliches Skelet, noch absorbirende Gefäße, noch eine Milz, noch eine Magendrüse, noch eine Pfortader, noch Nieren, noch die Organe des Geruchs und des Gehörs; eine einzige Familie ausgenommen, entbehren die anderen alle das Gesicht; aber alle Familien haben ein doppeltes und vollständiges Cirkulationssystem, Respirationsorgane, ein Herz, eine Leber u. s. w. Die Mollusken nehmen den Rang nach den Wirbelthieren wegen des Reichthums ihrer Organe ein.

Die Gliederthiere unterscheiden sich ihrerseits durch wichtige Charaktere von den Mollusken; sie haben zwar ein kleines Gehirn, das auf der Speiseröhre liegt, aber der beträchtlichste Theil ihres Nervensystems besteht aus zwei Strängen, welche längs des Bauches hinziehen, und sich daselbst von Weite zu Weite so vereinigen, daß sie Ganglien bilden, woraus Nerven entspringen. Dieser Theil des Nervensystems, welchen einige Anatomen als eine Art Rückenmark betrachtet haben, befindet sich, statt über dem Verdauungskanale, wie bei den Wirbelthieren, zu liegen, vielmehr unter demselben. Es findet gleichfalls Umkehrung in der Lage des Herzens Statt. Die Gliederthiere trennen sich von den Mollusken dadurch, daß sie ein Skelet haben; aber dieses Skelet ist, anstatt im Innern und von den Muskeln, wie in den Wirbelthieren, bedeckt zu sein, im Gegentheil außerhalb und bedeckt die Muskeln.

Die Zoophyten haben nicht weniger begränzte und bestimmte Charaktere als die vorhergehenden. Ihre Struktur ist einfacher, und alle Theile, welche sie bilden, sind um einen gemeinschaftlichen Mittelpunkt, wie die Radien eines Kreises, geordnet, welches ihnen den Namen Strahlenthiere gegeben hat.

Indem Cuvier so die vier großen Abtheilungen des Thierreiches begründete, zeigte er zu gleicher Zeit, daß jeder dieser Formtypen von der Gestalt des Nervensystems abhänge, welches gewissermaßen das ganze Thier selbst ist. Bei den Wirbelthieren bildet das Nervensystem einen centralen Markkegel, von welchem aus auf jeder Seite sich alle Nerven in symmetrischer Ordnung verbreiten, ebenso sieht man die Wirbelthiere mit einer Säule versehen, um welche sich alle Theile des Organismus symmetrisch anordnen.

Bei den Mollusken hat das Nervensystem nur eine verworrene Anordnung; daher besteht ihr Körper

nur aus einer Masse, deren Theile keine Symmetrie haben.

Die Körper der Gliederthiere haben mehr Symmetrie als die vorhergehenden, ebenso hat ihr Nervensystem ebenfalls mehr. Dieses System ist im Innern gegliedert und ihr Körper ist es im Aeußern.

Bei den Zoophyten oder Strahlthieren nehmen die letzten Spuren des Nervensystems, bei einigen die Sternform an, welche der ganze Körper erhält.

Aus der Abhängigkeit, welche zwischen der Form des Nervensystems und der des Körpers besteht, folgt, daß das Nervensystem zur Vergleichung der verschiedenen Typen unter sich dient; es muß also zur Grundlage der vier großen Abtheilungen oder Zweige dienen. Um die Unterabtheilungen oder die Klassen zu begründen, stützt man sich auf die Modifikationen der Cirkulations- und Respirationsorgane, welche nach dem Nervensysteme die wichtigsten sind.

Wir wollen auf eine allgemeine Weise die Verschiedenheiten anführen, welche bei den Cirkulations- und Respirationsorganen der Thiere von den vier großen Abtheilungen vorkommen.

Die Wirbelthiere haben eine vollständige einfache Respiration und eine doppelte Cirkulation, wie bei den Säugethieren; eine Respiration und eine gedoppelte Cirkulation, wie bei den Vögeln; eine einfache und vollständige Respiration, weil sie immer in der Luft vor sich geht, verbunden mit einer einfachen Cirkulation, wie bei den Reptilien; eine doppelte Cirkulation, verbunden mit einer unvollständigen Respiration, wie die Fische Beispiele davon sind. Wegen dieses Unterschiedes zwischen den Respirations- und Cirkulationsorganen in den Wirbelthieren hat man diese in vier Klassen getheilt: die Säugethiere, die Vögel, die Amphibien und die Fische.

Bei den Mollusken haben die einen drei Herzen, andere zwei, und wieder andere endlich nur ein Herz.

Außer diesen Herzen gibt es welche, die nur einen einzigen Magen und ein Herzohr, andere einen einzigen Magen und zwei Herzohren haben, andere einen einzigen Magen ohne Herzohr. Es gibt außerdem Mollusken, welche durch Lungenhöhlen athmen, andere durch Kiemen und nach den Verschiedenheiten, welche man in ihrer Organisation fand, hat man die Mollusken in fünf Klassen eingetheilt: die Cephalopoden, Gasteropoden, die Acephalen, die Pteropoden, die Brachiopoden. Die Cirrhopoden bildeten die sechste Klasse, aber man hat sie zu den Gliederthieren gezählt.

Die Gliederthiere wurden, in Beziehung auf die Mannigfaltigkeiten derselben Organe, in vier Klassen eingetheilt: 1) die Anneliden, deren Blut roth ist; 2) die Crustaceen, deren Blut weiß ist, sie haben ein Gefäßsystem und athmen durch Kiemen; 3) die Arachniden, die zum Herz nur ein einfaches Rückengefäß haben, aus welchen die Arterienzweige ausgehen und wohin Venenzweige gelangen, und welche durch Lungen oder Trachäen athmen; 4) die Insekten, welche weder Arterien noch Venen, nur eine Spur von einem Herzen haben, bei welchen die Respiration durch Trachäen oder elastische Gefäße, welche im ganzen Körper verbreitet sind, vor sich geht.

An den Gliederthieren sieht man sehr deutlich den Uebergang von den Thieren, welche eine Cirkulation haben, zu denen, welche keine haben. Der vierte Zweig, oder die Zoophyten zeigen diese Eigenthümlichkeit des Verschwindens, des gradweise und aufeineinanderfolgenden Verschmelzens aller Organe in der allgemeinen Masse. Bei den einen sieht man noch geschlossene Gefäße, deutliche Respirationsorgane; bei den andern fehlen diese Theile, aber sie haben noch sichtbare Eingeweide; die letzten endlich zeigen nur noch eine homogene breiartige Masse. Wegen dieser verschiedenen Modifikationen und des stufenweisen

Verschwindens wurden die Zoophyten in fünf Klassen eingetheilt, nämlich: die Echinodermen, die Eingeweidewürmer, die Acalephen, die Polypen, die Infusorien. Es ist nicht unsere Sache, uns in eine zusammenhängende und gelehrte Abhandlung über die Einheit der Zusammensetzung des Plans einzulassen, weil wir uns von dem Zwecke dieses Werkes zu weit entfernen würden. Wenn aber das Nervensystem und die Cirkulations- und Respirationsorgane dazu dienen, die Zweige und die Klassen zu bilden, so hat man nach und nach die Ordnungen, die Familien, die Zünfte, die Gattungen, die Untergattungen erhalten, indem man mehr und mehr auf untergeordnete Organe Rücksicht nahm. Es würde zu lange dauern, alle diese Unterabtheilungen für jede Klasse der vier Zweige aufzuzählen. Ebenso, wie man von den Klassen zu den Ordnungen, mittelst der Hauptmodifikationen der verbundenen Organe des Tastens und des Kauens übergeht, ebenso geht man auch von den Ordnungen zu den Familien über, indem man die secundären Modifikationen derselben Organe berücksichtigt, und sofort zu den Zünften, Gattungen und Untergattungen. Aber diese ganze Klassifikation hat für den Physiker nur ein Nebeninteresse, welcher nur auf eine allgemeine Weise die Anordnung und die Verhältnisse der Hauptorgane kennen muß, welche der Gegenstand seiner Studien sein sollen.

Ein lebendes Thier besteht aus einer gewissen Anzahl von Apparaten, oder Organen, welche dazu bestimmt sind, Funktionen zu erfüllen, welche auf denselben Zweck, den Unterhalt des Lebens, hinarbeiten. Wir wollen diese Hauptorgane anführen: Verdauungsapparat, Respirationsapparat, Cirkulationsapparat, Sekretionsapparat, (Drüsen, anfeuchtende Häute), Nervenapparat, Bewegungsapparat, (Knochen, Muskel), Zeugungsapparat. Jeder dieser Apparate zerfällt in eine gewisse Anzahl von Organe;

so umfaßt z. B. der Verdauungsapparat den Mund, den Schlund, die Speiseröhre, den Magen u. s. w.; der Respirationsapparat die Lungen, die Trachäen, die Bronchien, die Brustfelle u. s. w. Es verhält sich ebenso bei den andern Organen, von denen keines ein einfacher Körper ist, denn es besteht entweder aus Fasern, Membranen oder Fibern.

Es ist uns nicht möglich in die anatomische Einzelnheiten aller dieser Organe einzugehen, wir müssen uns bloß darauf beschränken, die Theile, welche den Forschungen des Physikers zugänglich sind, gedrängt darzustellen, und die er nöthig hat, um das Wachsthum der Knochen, die innere Temperatur des Menschen und der Thiere, die Erregbarkeit der Muskeln, die Reizbarkeit der Nerven, die Phänomene des Athmens, des Sehens, des Gehörs und der Stimme zu studiren. Er muß demnach einen allgemeinen Begriff von der Struktur der Knochen, der Muskeln, der Nerven, des Herzens, des Auges, des Ohres und des Kehlkopfs haben, und gleichfalls die physische Zusammensetzung des Bluts und einiger Sekretionen kennen, welche Kügelchen enthalten, die als organische Moleküle betrachtet werden. Weiter darüber hinausgehen, hieße die Gränzen, die wir uns gesteckt haben, überschreiten.

Von den Knochen.

Die Knochen werden als Knorpel betrachtet, welche durch Ablagerung von Kalksalzen, die in ihrer Körpermasse gebildet wurden, verhärtet wurden; denn man darf sie nur mit Salzsäure digeriren, um den Kalk wegzubringen, und den reinen Knorpel zu erhalten. Man unterscheidet dabei drei verschiedene Theile in Beziehung auf ihre Struktur: 1) eine Membrane, die Beinhaut heißt, welche den Knochen von allen Seiten umgibt; 2) die Kanäle und Zellen, welche von concentrischen Lamellen umgeben sind, welche Mark oder

eine ähnliche Substanz enthalten, sie sind mit zahlreichen Gefäßen versehen; 3) besondere Körperchen, die in den Lamellen, welche die Kanäle und die Zellen umgeben, zerstreut sind. Die Knochen haben eine verschiedene Gestalt, sie sind lang, kurz oder platt, je nach ihrer Lage in dem Thiere; die ersteren haben eine Markhöhle, und ihre Gestalt ist beinahe cylindrisch. Die Röhren, welche ihr Gewebe bilden, sind der Länge nach angebracht; die zweiten bestehen gleichfalls aus Röhren, die jedoch parallel mit der Oberfläche des Knochens laufen; die dritte haben Zellen anstatt der Röhren. Diese sehr gedrängten Kenntnisse reichen für den Physiker hin, damit er sich den experimentalen Forschungen über das Wachsthum der Knochen überlassen könne.

Von den Muskeln.

Um die Struktur der Muskeln und der Nerven zu studiren, muß man bei der Betrachtung stehen bleiben, daß alle Anatomen, welche diese Aufgabe bearbeitet haben, unter sich nicht einstimmig sind. Daher befindet sich der Physiker, welcher nicht die nöthige Kenntniß hat, um alle diese Ansichten zu erörtern, in der größten Verlegenheit. In diesem Falle muß man sich an die allgemein angenommenen Thatsachen halten. Wir sind demnach verbunden, die Meinungen der verschiedenen Anatomen vorzutragen.

Borelli hat die Muskeln als Büschel angesehen, auf welchen man transversale Fibern sieht. Alle Anatomen haben im Allgemeinen diese Tranversallinien, welche sehr gedrängt an einander sind, gesehen; aber sie sind verschiedener Meinung über die Art und Weise, wie man diese Streifen so wie ihre elementare Form beschreiben müsse. Nach Leuwenhoeck bestehen die Muskeln aus Fibern, auf welchen man kreisförmige Streifen bemerkt, deren Breite ein Viertel von einem Haare beträgt; man braucht, sagt er,

zweihundert, um einen Muskel zu bilden. Jede dieser Fibern besteht selbst wieder aus hundert bis zweihundert Elementarfibern, und ist von einer Membrane umgeben. Treviranus behauptete, daß die Muskeln aus Cylindern bestehen, welche von transversalen, parallelen Streifen umgeben sind, indem jeder Cylinder seine Streifen hat, die beim Zusammendrücken der Fibern verschwinden. Bauer und Home betrachteten die Elementarfibern, als beständen sie aus Kügelchen, welche die Größe der Blutkügelchen haben. Nach andern Beobachtern, wie z. B. nach Wagner, scheint der Muskel unter dem Mikroskope aus getrennten, prismatischen, muskulösen Bündeln zu bestehen, die an der Oberfläche der transversalen Linien zeigen, daß wirkliche Runzeln bestehen, deren Zwischenräume immer eine schwarze Linie anzeigt. Diese immer parallelen Runzeln umgeben manchmal nicht den ganzen Bündel, weil sie davon abgelenkt werden. Sie gehören zu jedem Bündel, sind nur oberflächlich, gehören nicht zu Scheidewänden und verschwinden bei einem starken Drucke. Wagner betrachtete jeden Bündel, als bestehe er aus sehr dünnen, beinahe parallelen und gleich großen Urfibern, in allen Wirbelthieren, den Insekten u. s. w. Nach diesem Anatomen findet eine große Gleichförmigkeit in der Struktur der Muskeln des Menschen, der Säugethiere, der Vögel, der Fische, der Insekten und der Crustaceen Statt; eine Folgerung, zu der andere Anatomen gleichfalls geführt wurden.

Prevost und Dumas theilten die Muskelfibern in drei Ordnungen, nämlich: in tertiäre Fibern (Taf IV. Fig. 1), die muskulöse Fasergewebe sind, die man erhält, wenn man die Muskeln der Länge nach spaltet; in secundäre Fibern (Taf. IV. Fig. 2), welche aus der Theilung der vorhergehenden herkommen, und in primitive Fibern, welche aus der Theilung dieser herrühren (Fig. 3). Milne Edwards, welcher sich

insbesondere mit der Elementarfiber beschäftigte, fand, daß sie bei allen Thieren in jedem Alter identisch war, und aus einer Reihe von Kügelchen von demselben Durchmesser bestehen. Die secundären Fibern würden demnach gebildet werden aus der Vereinigung eines Büschels ähnlicher Paternoster. Wenn man nach diesen drei Beobachtern die secundären Fibern einem Mikroskope von gewöhnlicher Vergrößerung unterwirft, so sieht man sie als Linien, welche von einer bedeutenden Zahl kleiner gekrümmter Linien, welche in einer regelmäßigen Entfernung von $^1/_{300}$ Millimeter (Fig. 3) liegen, in die Quere verbunden sind. Dieses Aussehen, welches von einer häutigen Scheide herzurühren scheint, von welcher sie bekleidet sind, zeigt sich nicht in den secundären Fibern, welche gespalten oder zerrissen wurden, und verändert sich mit der Richtung des Lichtes; man muß sie demnach als eine optische Erscheinung betrachten. Uebrigens besteht sie aus einer großen Anzahl von kleinen Elementarfibern, welche parallel oder beinahe parallel nebeneinander liegen. Wenn man auf gleiche Weise in dem Mikroskope einen Muskel untersucht, der in Ruhe und fein genug ist, um hindurch sehen zu können, so sieht man, daß er aus der Vereinigung einer gewissen Anzahl merklich paralleler, sehr biegsamer Fibern besteht, die so liegen, daß sie leicht ihre Lage ändern können: dieser ganze Bau wird von einem Zellengewebe erhalten, und von Gefäßen und Nerven, die durch ihn durchgehen, ohne mit ihm leicht zu bemerkende Verbindungen zu haben, in verschiedenen Richtungen durchfurcht. Fig. 4 zeigt einen Muskel in Ruhe mit einem Nerven an, welcher sich in demselben verbreitet.

Wir übergehen mit Stillschweigen die Arbeiten anderer Anatomen, um die neuesten mikroskopischen, höchst interessanten Forschungen Baumanns anzugeben, welcher sorgfältig die Muskeln der verschiedenen Thiere studirte, und von dessen Genauigkeit wir selbst uns

überzeugten, insoweit als unsere Kenntnisse in der Anatomie reichten.

1) Die primitiven Bündel (Taf. IV. Fig. 4) der Elementarmuskeln bestehen aus gestreckten, vieleckigen Massen, die selbst wieder aus elementaren Partikelchen oder fleischigen Elementen bestehen, welche verbunden und auf beiden Enden und Seiten so vereinigt sind, daß sie nach diesen zwei gegenseitigen Richtungen kleine Fibern und Scheiben bilden, welche davon getrennt werden können; die schwarzen Längenstreifen sind Schatten zwischen den Fibern und die schwarzen Querstreifen sind Schatten zwischen den Scheiben.

2) Jeder primitive Bündel (Fig 6, 6 bis) ist von einer sehr feinen, häutigen Scheidewand umgeben, welche durchsichtig und wahrscheinlich elastisch ist, da man sie sehen kann, wenn man unter dem Mikroskope ein Stück von den Muskeln des Rochen betrachtet, den man so geschossen hat, daß man die kleinen Fasern zerriß. Zu diesem Ende macht man mit einer Pincette oder einem Scalpell die einen Fiberfetzen weg und macht mit zwei Nadeln die primitiven Bündel los, die man im Mikroskope wahrnehmen kann. Einer dieser Bündel wird auf eine Glasplatte mit ein wenig Wasser gelegt und mit einer Glimmerplatte bedeckt. In den Vorbereitungen muß man den Muskel anfeuchten. Die Fig. 7 ist ein zum Theile zerbrochener primitiver Bündel, dessen Hülle ein abgelöstes Fragment enthält; die Fig. 8 zeigt das Fragment eines macerirten Ochsenherzens, in welchem man die kleinen Fibern und ihre Vereinigung zu Bildung von Streifen wahrnimmt.

3) Jeder primitive Bündel enthält Körperchen, welche die Kerne der primitiven Entwicklungszellen sind. Während des Wachsthums werden diese Körperchen zahlreicher.

4) Die Extremitäten der primitiven Bündel sind,

wenigstens in gewissen Fällen, unmittelbar mit der sehnigen und fiberartigen Struktur verbunden; sie sind nicht konisch, aber schief oder quer abgestutzt. Diese Ansichtsweise ist ein Widerspruch mit der Meinung, daß die Sehne jeden Bündel umgibt und von einem Ende bis zum andern geht, indem sie die Zellenscheide bildet.

Um die transversalen Streifen zu sehen, muß man mit der Muskelfiber des Ochsen operiren, welchen man mit einer Nadel theilt; um einen Querschnitt zu erhalten, Fig. 5, muß man den Brustmuskel eines Vogels nehmen, ihn trocknen lassen und ein Stück davon abschneiden, das man auf eine Glasplatte ausbreitet. Diese Beobachtungen sind von der Art, die Meinung der Anatomen über die Struktur der Muskeln zu befestigen.

Von den Nerven.

Wir wollen uns jetzt mit den Nerven wie mit den Muskeln abgeben, d. h. kurz die Meinungen der Physiologen über ihre Struktur aus einander setzen, und nur das nehmen, was sie gemeinschaftlich haben, den einzigen Punkt, den man für das Gewissere ansehen kann; die Meinungen, in Beziehung auf das Gehirn, den Ursprung der Nerven, dessen Struktur im Allgemeinen kugelig oder röhrig ist, so wie über die Form und Größe und das Verhältniß der Kügelchen, sind getheilt.

Haller nahm in den Nerven eine röhrige Struktur an. Borelli betrachtete den Nerven, als bestände er aus einem Bündel mehrer fiberigen Fasern, welche eine gemeinschaftliche Hülle haben, und sieht diese Fasern als hohl, und mit einer weißen Materie angefüllt an.

Malpighi glaubte, daß die Struktur des Gehirns drüsenartig wäre. Leuwenhoeck wechselte in seinen

Ansichten; in den letzten Jahren seines Lebens behauptete er, daß die Nerven aus parallelen, hohlen, der Länge nach gehenden Röhren beständen, deren Diameter etwa dreimal so breit als ihre innere Höhlung wäre. Von den Fig. 9 und 10 Taf. IV. zeigen die eine einen Nerven, der nach seiner Länge geschnitten ist, der andere quer. Die anderen Nerven, welche sich rings herum befinden, sind angezeigt, so wie das Fettgewebe.

Della Torre hat die Nerven betrachtet, als beständen sie aus geraden, aber undurchsichtigen Fasern von einer außerordentlichen Feinheit, ohne irgend einen Kanal in der Mitte, aber unter ihnen befinde sich eine große Anzahl von beinahe runden und durchsichtigen, kleinen Kügelchen.

Proschaska nahm an, daß diese Kügelchen achtmal kleiner wären als die Blutkügelchen, daß sie nicht durchaus regelmäßig seien, noch mit den verschiedenen Theilen des Nervensystems im Verhältnisse stehen.

Fontana sah die Marksubstanz des Gehirns an, als bestände sie aus Cylindern oder irregulären, durchsichtigen Kanälen, indem sie sich nach Art der Gedärme zusammenfaltet; die Substanz hat er intestinal genannt. Neben ihr sieht man Körperchen, welche im Wasser schwimmen. Nach ihm ist der primitive, nervöse Cylinder, d. h. der Nerve, welcher mit einer Nadel von der rauhen Oberfläche, welche ihn einhüllt, entfernt wurde, ein durchsichtiger Cylinder.

Treviranus hat behauptet, daß die Nerven der Thiere von den vier Klassen aus parallelen, häutigen Röhren beständen, welche mit einer zähen Substanz angefüllt wären und im frischen Zustande in ihrem Innern kleine Kügelchen zeigten.

Prevost und Dumas, sowie Milne Edwards, finden in dem, was Fontana primitive Fibern nannte, vier andere Fibern, welche aus Kügelchen von $1/300$

Millimeter bestehen, von denen zwei am Rande der Röhren und zwei im Innern derselben sind. Die vier innern Fibern würden demnach die wirklichen Elementarfibern sein. Die Fig. 11 zeigt die secundären Fibern.

Als Raspail auf einer Glasplatte dicke Nerven von selbst trocknen ließ, nahm er mit Hülfe eines Rasirmessers Schnitten weg, welche kaum $\frac{1}{10}$ Millimeter überstiegen, und welche, unter dem Mikroskope gesehen, sich unter einer vollkommen homogenen Form und ohne die mindeste Stetigkeitsunterbrechung zeigten. Es gibt demnach zwei sehr verschiedene Ansichten. Die einen nehmen eine kugeliche Struktur an, während die anderen, und dies ist die allgemein angenommene Meinung, die Nerven ansehen, als bestehen sie aus mehr oder minder irregulären Röhren.

Ehrenberg hat zu beweisen gesucht, daß der kugeliche Zustand nicht stattfinden könne. Indem er unter dem Mikroskope die weiße Materie des Gehirns, des Marks, der Nerven, des Gehörs, des Gesichts und des Geruchs untersuchte, fand er, daß sie aus durchsichtigen Röhren bestehe, welche in angegebenen Zwischenräumen sphäroidische und kugelartige Ausdehnungen zeigten, was ihnen eine paternosterartige Form gibt (Fig. 12, 13 Taf. IV.). Diese Röhren sind parallel und verlieren diese Lage nur durch die Behandlung des Beobachters, sie zeigen eine innere Höhlung, die mit einer besonderen Flüssigkeit, ohne irgend eine Spur von Kügelchen, angefüllt ist, und welcher Ehrenberg den Namen Nervenflüssigkeit gegeben hat; ihr Diameter verändert sich zwischen $\frac{1}{96}$ und $\frac{1}{3000}$ Linie. Wenn man sie zerreißt, sieht man nie eine Flüssigkeit ausfließen. Je mehr man sich der Peripherie des Gehirns nähert, desto mehr nehmen die Durchmesser der Röhren ab, so daß in der graulichen Materie diese Röhren nur eine körnige Masse bilden, die aus äußerst feinen Körnern besteht, die

vermittelst sehr dünner Fäden vereinigt sind. Unter diesen Fibern, sowie an der Oberfläche der Netzhaut, befinden sich stärkere Körner, welche aus kleinen Körnerchen zu bestehen scheinen, und vielleicht zur Nahrung der Nerven dienen, welche sie an ihren klaffenden Fäden absorbiren können.

So ist nach Ehrenberg die Constitution der Empfindungsnerven. Wir wollen jetzt sehen, wie er die Struktur der Bewegungsnerven ansieht.

Diese Nerven sind mit geraden und gleichförmigen, sehr verschiedenen Röhren ohne Erweiterung versehen; sie sind dicker als die gegliederten Röhren, deren Fortsetzung sie sind. Sie enthalten in ihrem Innern eine etwas durchsichtige weiße, klebrige Materie, welche man aus den Röhren in Gestalt von Klümpchen erhalten kann und die er Markstoff nennt. Ihr Diameter ändert sich zwischen $^1/_{48}$ und $^1/_{1000}$ Linie.

Krause nimmt nicht alle diese Resultate an; er betrachtet das Gehirn, als bestehe es aus festen kleinen Fibern, welche aus einer im Wasser löslichen Materie und aus weißen sphärischen Kügelchen von $^1/_{800}$ Linie Diameter bestehen.

Valentin betrachtet das Nervensystem, wie wenn es aus zwei primitiven Massen bestände; aus primitiven isolirten Fibern und kleinen isolirten keulenförmigen Körpern, welche die Schichte bilden. Diese beiden Formen finden sich gleichfalls im centralen und peripherischen Nervensysteme. Es findet kein Uebergang unter ihnen Statt. Wenn die primitiven Fibern parallel miteinander sind, so bilden sie die Nervenformation. Diese Röhren, so wie die kleinen isolirten Körper, sind von Scheiden umgeben, welche in den verschiedenen Theilen des Nervensystems verschiedene Dicke haben und aus Zellengewebe bestehen. Die kleinen Körper haben eine verschiedene Gestalt, die bald mehr oder minder rund, bald gestreckt ist. Die Substanz der primitiven Fibern ist überall

durchsichtig. Die Scheiden der Nerven und der Kügelchen sind viel dicker in den peripherischen als in den centralen Theilen; sie werden äußerst dünn, sobald die Nerven in das Gehirn gehen.

Burdach hat interessante Beobachtungen über den Einfluß der Temperatur und über die verschiedenen chemischen Reagentien auf die Nerven angestellt. Es scheint, daß die primitiven Fibern des Gehirns und des Rückenmarks eine Veränderung, sogar eine vollständige Zerstörung schneller erleiden als die primitiven Fibern der peripherischen Nerven. Alsdann muß man mit dem Mikroskop so viel als möglich beobachten, ohne die Nerven dem Einflusse der Wärme oder den Reagentien auszusetzen.

Indem wir alles das, was wir über die Struktur der Nerven gesagt haben, kurz zusammenfassen, sieht man, wie die kugelige Struktur, welche man zuerst als elementare Struktur des Nervensystems annahm, bald von ihren Urhebern verlassen wurde, während die röhrenförmige Struktur, welche von den Anatomen verworfen wurde, die in den Kügelchen die Elementartheile der Nerven und der Muskeln zu sehen glaubten, heutzutage von dem größeren Theile der Anatomen angenommen zu sein scheint, doch über ihren festen oder liquiden Inhalt noch nicht einstimmig sind.

Wir kehren zu der Ansicht Prevost und Dumas in Beziehung auf die Constitution der Nerven zurück. Wenn man nach ihnen einen Nerven der Länge nach theilt, und man unter dem Wasser die breiartige Materie behandelt, welche unter der Nervenhülle enthalten ist, so sieht man eine zahlreiche Vereinigung paralleler, gleich dicker kleiner Fasern, welche in der ganzen Länge des Nerven stetig zu sein scheinen. Diese platten Fasern scheinen aus vier Elementarfibern zu bestehen, welche beinahe auf derselben Ebene liegen, und aus Kügelchen gebildet zu sein, die man heutzutage nicht mehr annimmt.

Es ist uns für die Theorie der Contraktion wichtig, den Nerven bei seinem Eingang in den Muskel zu verfolgen, weil dieser sich durch die Erregung des Nerven zusammenzieht. Man sieht, wie sich der Nerve auf eine dem Anscheine nach nicht sehr regelmäßige Weise verzweige, wenn es nicht ein in den Zweigen auffallendes Streben ist, sich senkrecht mit den Muskelfibern zu richten. Man kann diese Beobachtung an dem geraden Paare der Bauchmuskel des Frosches machen (Fig. 15, Taf. IV). Es reicht hin, mit Linsen von einer zwei- bis dreihundertfachen Vergrößerung im Durchmesser zu beobachten. In der Fig. 32 sieht man zwei Nervenstämme, welche mit den Fibern des Muskels parallel laufen, und in einer Entfernung von einander fortgehen und sich gegenseitig kleine Nervenfasern zusenden. Ein anderes Mal, wie in der Fig. 14, ist der Stamm senkrecht zu den Fibern des Muskels; man sieht die letzten Nervenästchen erweitert, und in den Stämmen AA befestigt, dann breiten sie sich durch die Muskelfibern und senkrecht zu ihrer Richtung aus, wenden sich henkelförmig um sich selbst, um in den Stamm zu kommen, der sie geliefert hat. Die Nerven würden demnach keine Endpunkte haben, und sich wie die Blutgefäße verhalten.

Breschet, welcher die Struktur der Nerven studirt hat, bemerkte, daß die Fasern, die von den Nervenstämmen kommen, und in einem unter der Haut befindlichen Muskelgewebe zerstreut sind, sich, wenn sie der Haut nahe kommen, ins Unendliche theilen, und man würde sie nicht unterscheiden können, wenn man den Punkt nicht sähe, wo sie hineingehen, und den, wo sie auslaufen. Die Richtung der Papillen in der Epidermis ist schief und leicht geneigt; außer ihrer Nervenhülle haben sie noch eine eigene Scheide, welche sie noch in Kaputzenform bedeckt und auf Kosten der hornartigen Materie gebildet wird. Der

Körper des Nervenstammes fasert sich aus und rundet sich an einem Gipfel ab, der wie ein Trommelschlegel gewölbt ist.

Der Körper des Nerven unter der Nervenhülle besteht aus leichten wellenförmigen Streifen, welche, wenn sie von der Basis ausgehen, weniger ausgezeichnet und oft aufgebläht werden, je mehr sie sich gegen die Entwölbung hinschlängeln, wo sie sich in einem concentrischen Halbkreise zu vereinigen scheinen. Die Oberfläche davon ist glatt und gleichförmig und kein Theil trennt sich, um sich dem benachbarten Gewebe mitzutheilen. Die Figur 16 ist die mit ihrer Scheide versehene Papille, Fig. 17 Papille ohne Scheide. Diese Ansichtsweise hat Aehnlichkeit mit der von Prevost und Dumas, dennoch wurde sie von mehreren Anatomen nicht angenommen.

Um die Ursachen zu studiren, welche bei der Erzeugung der thierischen Wärme in dem Menschen und den andern Säugethieren wirken, muß man einen Begriff von den Hauptorganen haben, wo sie stattfindet. Wir wollen mit dem Herzen anfangen. Das Herz liegt zwischen den Lungen in einer Brusthöhle. welche Thorax heißt. Es ist mit einer Art von doppeltem häutigem Sacke, dem Herzbeutel, umgeben; seine allgemeine Gestalt ist die eines umgekehrten Kegels. Seine Substanz ist beinahe ganz fleischig. Es besteht aus vier Höhlen, zwei rechts nnd zwei links; auf jeder Seite befindet sich ein Herzohr und eine Herzkammer. Es sind, so zu sagen, zwei Herzen, die zusammen wirken. Die beiden Herzkammern dehnen sich zugleich aus und ziehen sich zusammen. Wir wollen dem Blute in seinem Laufe folgen. Die linke Herzkammer, die das Arterienblut enthält, stößt dieses letztere durch ihr Zusammenziehen in das Arteriensystem. Es dringt bis zu den zartesten Arterienwürzelchen, die mit den Venenwürzelchen das Capillarsystem bilden. Das Blut geht folglich von den ersten in

die zweiten über. Sind die beiden Capillarsysteme stetig oder münden sie zusammen ein, oder geht auch das Blut, um von dem einen in das andere zu gelangen, durch den Einschlag des Gewebes selbst? Dies kann man noch auf keine vollkommen befriedigende Weise entscheiden. Uebrigens geht auf diesen Uebergang, auf welche Weise er auch bewerkstelligt werden mag, die zwischenräumliche Ernährung vor sich; hier werden die Zersetzungen und Zusammensetzungen bewirkt, die in jedem Punkte des Organismus stattfinden, so lange das Leben dauert, auf diesem Wege endlich findet die Umwandlung des Arterienbluts in Venenblut Statt. Das Blut gelangt nach dieser Umwandlung in das Venencapillarsystem, da setzt es seinen Weg durch Kräfte fort, mit denen ich mich hier nicht beschäftigen kann; nachdem es das Venensystem durchlaufen hat, gelangt es in das rechte Herzohr des Herzens; aber es geht nur durch, denn dieses zieht sich zusammen, um es in die rechte Herzkammer zu stoßen, welche ihrerseits es in ein Gefäß schickt, welches Lungenschlagader heißt, obgleich sie Venenblut enthält. Sie theilt sich in zwei Aeste, einen für jede Lunge. Das Blut geht auf diese Weise in die Würzelchen der Lungenschlagader. Diese Würzelchen verbreiten sich auf den Wänden der Lungenbläschen und da verbinden sie sich unmittelbar mit den Würzelchen der Lungenvenen. Diese Lungenbläschen sind Arten von unregelmäßig geschlossenen Zellen, in welche die Luft durch die Verastung der Bronchien gelangt. Demnach empfängt unmittelbar durch die äußerst dünne Membrane, welche die Wände der Würzelchen des Capillarsystemes der Lungen bildet, das venöse, mit Kohlensäure versehene Blut, das durch die Lungenschlagader ankommt, durch Absorption der Luft den Theil Sauerstoff und eine gewisse Menge Stickstoff, welche, bei ihrer Auflösung in dem Blute, einen Theil der Gase, die sich darin befanden, aus demselben jagen. Ist diese Ope-

ration beendigt, so geht das Arterienblut in die Würzelchen der sogenannten Venæ pulmonariæ, Lungenvenen, obschon von arteriellem Blute die Rede ist. Die Lungenvenen führen das Arterienblut in das linke Herzrohr, welches, so zu sagen, nur zum Durchgange dient, denn, indem es sich bald zusammenzieht, sendet es dieses Blut in die linke Herzkammer, um denselben Weg auf's Neue einzuschlagen. Indem wir die verschiedenen Ursachen, welche zur Erzeugung der thierischen Wärme beitragen, angeben, werden wir nothwendig von den Wirkungen, welche in der cirkulirenden Bewegung des Herzens hervorgebracht werden, sprechen.

Von dem Auge.

Die Alten hatten keinen Begriff von der inneren Struktur des Auges; die Beschreibung, welche sie uns davon hinterlassen haben, zeigt, daß sie sich nur mit dem Aeußeren und seinen allgemeinen Eigenschaften beschäftigten. Sobald als man alle Theile, woraus es besteht, analysirt hatte, fand man, daß es ein optisches Instrument sei, auf dessen Grund die äußeren Gegenstände ihr Bild abmalten, dessen Eindruck zum Gehirn durch einen besonderrn Nerven geführt wurde. Wir wollen das Auge nicht als Anatom, sondern als Physiker beschreiben, der sich den Gang des Lichtes in den verschiedenen Theilen, aus denen es besteht, erklären will, indem er von denen abstrahirt, welche ihm keinen besonderen Nutzen gewähren.

Der Apparat, welcher das Organ des Gesichts bildet, besteht bei den Menschen und den uns am nächsten stehenden Thieren aus dem Nerven vom zweiten Paar, aus dem Auge und aus verschiedenen Theilen, welche zum Schutze oder zur Bewegung desselben bestimmt sind. Der Augapfel (Fig. 18 Taf. IV), welcher eine Höhle, die man Augenhöhle nennt, ein=

nimmt, besteht aus mehreren Häuten: die weiße Haut, die durchsichtige Hornhaut, die Aderhaut, die Regenbogenhaut und die Netzhaut; aus mehr oder minder liquiden Feuchtigkeiten, wie z. B. die wässerige, die krystallinische und die Glasfeuchtigkeit; aus Nerven und Gefäßen. Wir wollen nacheinander diese Häute und diese Feuchtigkeiten beschreiben, deren Kenntniß zur Erklärung der Gesichtserscheinungen unerläßlich ist.

Die weiße Haut (Fig. 18, Nr. 28) ist eine feste, widerstehende Haut von einer weißen Perlmutterfarbe, und faseriger Natur, welche vier Fünftel des Auges einhüllt; ihre äußere Fläche ist convex, ihre innere Fläche concav, in Verhältniß zur Aderhaut, mit der sie nur schwach durch Gefäße, Nerven und Fasern, die in das Bereich der Anatomie gehören, zusammenhängt. An ihrem hinteren Theile befindet sich eine kleine Oeffnung, in welche der Sehnerve geht. Gegen vornen ist sie mit einer großen runden Oeffnung versehen, welche dazu bestimmt ist, die durchsichtige Hornhaut aufzunehmen, welche daselbst eingerahmt zu sein scheint.

Die Hornhaut (Fig. 18, Nr. 37) ist in die vordere Oeffnung der weißen Haut eingerahmt, sie ist beinahe kreisförmig, vollkommen diaphan, convex gegen vornen, concav gegen hinten, ihre vordere Fläche ist glatt und von einer sehr feinen Ausbreitung der Conjunktiva überzogen; die andere Fläche ist mit der Haut der wässerigen Feuchtigkeit bekleidet. Die Hornhaut ist dicker als die weiße Haut, und scheint weder Nerven, noch Blutgefäße zu enthalten.

Die Aderhaut (Fig. 18 u. 22, Nr. 31), welche unter der weißen Haut liegt, ist eine weiche Membrane von einer dunkelbraunen Farbe, welche sich vom Eintritt des Sehnerven in das Auge bis zu dem Vereinigungspunkt der Hornhaut mit der weißen Haut erstreckt. Vornen ist sie von dem weißen Ringe (Orbiculus ciliaris) bedeckt, inwendig ruht sie auf der

Netzhaut, ohne mit ihr verwachsen zu sein, rückwärts befindet sich eine runde Oeffnung, in welche der Sehnerve geht, vornen macht sie einen Theil der Processus ciliares aus. Die Constitution der Aderhaut ist gefäßartig und zellig. Die Processus ciliares sind kleine hervorstehende Falten, welche von dem vorderen Theile der Aderhaut gebildet werden, welche sich, um sie entstehen zu lassen, in dem Verhältnisse zu runzeln scheint, je mehr sie sich dem großen Kreise der Regenbogenhaut nähert. Sie bilden eine Art Ring, welchen man Corpus ciliare nennt, der hinter der Iris liegt, die Krystallinse umgibt und gegen außen von dem Orbiculus ciliaris bedeckt wird.

Die Regenbogenhaut (Fig. 18, Nr. 34) ist eine Haut, die senkrecht wie eine Scheidewand im vorderen Theile des Auges mitten in der wässerigen Feuchtigkeit sich befindet. Sie trennt die beiden Kammern des Auges von einander und hat in ihrem mittleren Theile eine runde Oeffnung, welche Pupille heißt. Während des Lebens ist die Pupille fähig, sich zu verengen oder zu erweitern, so daß sie die Menge des Lichts, das in das Auge tritt, mäßigt. Die vordere Fläche der Iris (Fig. 23) ist bald blau, bald braun, bald schwarz, bald grau u. s. w. gefärbt. Die hintere Fläche wird Traubenhaut genannt; sie ist mit einem sehr dicken schwarzen, adhärirenden Pigmente überzogen und setzt sich bis zu den Zwischenräumen des Processus ciliaris fort.

Die Netzhaut (Fig. 18 u. 19, Nr. 38) ist eine nervöse, grauliche, sehr weiche, halbdurchsichtige Haut, welche sich unter der Aderhaut befindet und den Glaskörper umgibt; sie wird als eine Erweiterung des Sehnerven betrachtet, welcher die Empfindung des Lichts nach dem Gehirne fortpflanzt und sich bis an die Peripherie der Krystallinse ausdehnt. Gegen vornen verdünnt sie sich mehr und mehr, geht nach den Processus ciliares, dringt in ihren Zwischenraum ein und

endigt endlich wasserrecht mit dem Ende dieser strahlenförmigen Falten.

Die wässerige Flüssigkeit ist hell und durchsichtig, und scheint die beiden Kammern des Auges von der Hornhaut bis zu der Krystallinse auszufüllen. Die Regenbogenhaut taucht sich in der Mitte dieser Flüssigkeit ein; die Membrane der wässerigen Flüssigkeit ist sehr dünn und durchsichtig; sie überzieht die ganze innere Kammer des Auges und hängt sehr innig mit der hinteren Fläche der Hornhaut und mit der vorderen Fläche der Regenbogenhaut zusammen.

Die Krystallinse ist ein linsenförmiger, durchsichtiger Körper, welcher zwischen der wässerigen Flüssigkeit, welche gegen vornen ist, und dem Glaskörper, der hinter ihm ist, liegt. Ihre Achse entspricht dem Mittelpunkte der Pupille; an der vorderen Fläche, die frei ist, ist sie convex, aber weniger als an der hinteren Oberfläche, die von einer Höhlung des Glaskörpers aufgenommen wird. Die Krystallinse ist in eine durchsichtige Kapsel eingeschlossen, welche mit dem Processus ciliaris und mit der vorderen Oeffnung der Aderhaut durch kleine zähe Fasern verbunden ist; sie hat eine größere Dichtheit als das Wasser und besteht aus Gallerte, besonders aus Eiweiß, welches sich durch die Wirkung des Feuers, der Säuren und des Alkohols zusammenklümpert.

Der Glaskörper nimmt drei Viertel vom hintern Theile des Auges in Gestalt einer durchsichtigen gallertartigen Masse ein; er hat eine sphärische Form; in dem vorderen Theil befindet sich eine Aushöhlung, welche die hintere Fläche der Krystallinse aufnimmt. Er ist von allen Seiten, ausgenommen gegen vornen, von der Netzhaut überzogen, die jedoch mit ihm nicht verwachsen ist; er besteht aus Glasfeuchtigkeit und der Glashaut; die Glasfeuchtigkeit hat das Aussehen einer vollkommen durchsichtigen Gummilösung und eine Dichtheit, die größer als das Wasser ist. Die

sehr dünne und durchsichtige Glashaut hüllt die Glasfeuchtigkeit ein; von ihrer innern Fläche gehen eine große Menge Lamellen aus, welche unter sich Zellenarten auffangen, welche die Glasfeuchtigkeit enthalten.

Die Fig. 18 Taf. IV., welche wir aus dem Handbuch der beschreibenden Anatomie von Jules Cloquet genommen haben, zeigt alle Theile, aus denen das Gesichtsorgan besteht. Nro. 1. Oberer Theil der Augenhöhle. — 2. Der linke Theil des Sinus frontalis. — 3. Schnitt der festen Hirnhaut. — 4,4. Die Diploe. — 5,5,5. Stirnhöhle. — 6. Stirnhaut — 7. Haut des oberen Augenliedes. — 8. Die Wimpern des oberen Augenliedes. — 9. Schnitt des Augenbraunenmuskels. — 10. Schnitt des oberen Theils des Augenliedermuskels. — 11. Augenknorpel des oberen Augenliedes. — 12. Conjunktiva, welche das obere Augenlicht im Innern bedeckt. — 13. Conjunktiva des Augapfels. — 14. Bodensack, von der Conjunktiva gebildet, der sich von dem oberen Augenlied zum Augapfel hin erstreckt. — 15. Unteres Augenlied. — 16. Wimper des vorhergehenden Augenlieds. — 17. Schnitt des untern Theils des Augenliedmuskels. — 18. Unterer Augenknorpel. — 19. Sack, welchen die Conjunktiva bildet, indem sie sich von dem unteren Augenlied nach dem entsprechenden Theil des Augapfels begibt. — 20. Schnitt des kleinen Kanals, der zwischen dem Augapfel und den Augenliedern bleibt, wenn sie geschlossen sind. — 21,21. Untere Wand der Augenhöhle. — 22. Aufheber des oberen Augenlieds. — 23. Oberer gerader Muskel des Auges. — 24. Unterer gerader Muskel des Auges. — 25. Schnitt des unteren schiefen Muskel des Auges. — 26. Der Sehnerve, welcher von der Scheide, welche ihm die feste Hirnhaut liefert, umgeben ist. — 27,27. Die äußere Scheide des Sehnerven, eine Fortsetzung von dieser. — 28,28. Die

weiße Haut. — 29,29. Die Nervenhülle des Sehnerven. — 30. Markſubſtanz des Sehnerven. — 31,31. Die Aderhaut. — 32,32. Schnitt des Augsternbands. — 33. Der Processus ciliaris. — 34,34. Vordere Fläche der Regenbogenhaut. — 35. Pupille — 36. Vordere Kammer des Auges. — 37. Durchsichtige Hornhaut. — 38,38,38,38. Netzhaut. — 39. Glaskörper. — 40. Krystalllinse. — 41. Vordere Fläche desselben Organs. — 43,43. Hintere Fläche des Auges.

Fig. 19 Taf. IV. Die Netzhaut, welche auf dem Glaskörper angebracht und von dem hinteren Theile gesehen ist.

Fig. 20. Der Glaskörper, von der Netzhaut eingehüllt und seinen Zusammenhang mit dem Krystallkörper behaltend.

Fig. 21. Netzhaut, auf dem Glaskörper angebracht.

Fig. 22. Die Aderhaut, deren Gefäße eingespritzt sind.

Fig. 23. Vordere Fläche der Regenbogenhaut und der Aderhaut (linke Seite).

Dies sind die Theile des Auges, welche der Physiker kennen muß, wenn er sich die Erscheinungen des Sehens deutlich machen will. Wir enthalten uns, von den Nerven und Gefäßen zu sprechen, deren Kenntniß, wie wir bereits weiter oben gesagt haben, für uns von keinem Nutzen sein würde, weil wir das Auge bloß in Beziehung auf das Sehen zu betrachten haben.

Von der Struktur des Ohres.

Das Ohr Taf. V. Fig. 1, das Gehörorgan, besteht aus drei Haupttheilen: 1) dem äußeren Ohr, welches die Muschel des Ohrs und den Gehörgang umfaßt; 2) dem mittleren Ohr, welches aus dem Trommelfell, der Trommelhöhle und aus den Theilen, welche davon abhängen, besteht; 3) dem inneren Ohre oder dem Labyrinth. Wir beschreiben von diesen Theilen nur

diejenigen, deren Kenntniß zur Erklärung der Gehörerscheinungen unerläßlich sind. Weitere Entwicklungen würden uns in anatomische Einzelnheiten führen, welche nicht in unserem Plane liegen.

Die Struktur des äußeren Ohres hat nur ein mittelbares Interesse für uns, obgleich die krummlinige Form eines Theils der Muschel von der Natur berechnet wurde, um so vortheilhaft als möglich in dem Gehörorgane den Schall zu reflektiren, welcher von den schwingenden Körpern ausgeht; da aber diese Formen äußerst complicirt sind, so hat man bis jetzt sie geometrisch zu bestimmen nicht gesucht. Die zwei andern Theile wurden von Milne Edwards in seiner populären Naturgeschichte so ausführlich beschrieben, daß wir uns an die Beschreibung, die er gegeben hat, halten. Das mittlere Ohr enthält, haben wir gesagt, das Trommelfell, die Trommelhöhle und die davon abhängigen Theile. Die Trommelhöhle h (Fig. 1) ist eine Höhlung von unregelmäßiger Gestalt, welche in der Substanz des Felsenbeins liegt, und welche auf den Gehörgang folgt, von welchem sie durch eine häutige, sehr ausgespannte und sehr elastische Scheidewand, welche man Trommelfell nennt, getrennt ist. Gegenüber von der Oeffnung, in welche das Trommelfell eingelassen ist, befinden sich zwei andere Löcher, welche auf dieselbe Weise durch eine gespannte Membrane verstopft sind; man nennt sie wegen ihrer Gestalt eiförmige und kreisrunde Fenster. An der hintern Wand der Trommelhöhle sieht man eine Oeffnung, welche in Zellen führt, die sich in dem Theile des zitzenförmigen Fortsatzes des Schlafbeins befinden, und an ihrer unteren Wand bemerkt man die Mündung der Eustachischen Röhre k, eines langen und engen Kanals, welcher an dem hinteren Theile der Nasenhöhlen anstößt, und auf diese Weise eine Communikation zwischen dem Innern der Höhle und der äußern Luft herstellt. End-

lich wird diese Höhle von einer Reihe kleiner Knochen quer durchzogen (Fig. 2), welche sich vom Trommelfell bis zur Membrane des ovalen Fensters erstreckt, und welche sich vermittelst eines seitwärts gerichteten Astes, auf die Wand der Trommelhöhle stützt. Diese vier Knochen sind der Hammer (1), der Ambos (2), das Linsenbein (3) und der Bügel (4). Ein kleines Stäbchen (5), welches als der Stiel, der zum Hammer gehört, betrachtet werden kann, stützt sich auf das Trommelfell und die Basis des Bügels, und ruht gleichfalls auf der Membrane des ovalen Fensters. Endlich geben kleine Muskeln f, k, welche an diesen Beinchen befestigt sind, ihnen Bewegungen, nach welchen sie mehr oder weniger stark auf diese Membrane drücken, und folglich ihre Spannung vermehren oder vermindern; das innere Ohr (Fig. 2), so wie das mittlere Ohr ist ganz in dem Felsbein eingeschlossen. Es besteht aus mehreren Höhlen, welche unter sich communiciren und welche man den Vorhof (10), die Bogengänge (9) und die Schnecke (7) nennt. Der Vorhof (l, Fig. 1) nimmt den mittleren Theil davon ein und communicirt mit der Trommelhöhle durch das ovale Fenster. Die Bogengänge erheben sich von der oberen und hinteren Fläche des Vorhofs; sie sind der Zahl nach drei und haben die Gestalt von runden Röhren, die an einem ihrer Enden flaschenförmig gewölbt sind. Die Schnecke ist endlich ein ganz besonderes Organ, welches spiralförmig, wie die Schnecke des Thieres, deren Namen sie führt, gewunden ist; ihre Höhle ist durch eine Längenscheidewand, die halb knöchern, halb häutig ist, in zwei Theile getheilt; sie communicirt mit dem Innern des Vorhofs, und ist von der Trommelhöhle nur durch die Membrane des runden Fensters (8) getrennt. Diese letztere Höhlung ist mit Luft angefüllt, das innere Ohr hingegen mit einer wäßrigen Feuchtigkeit, und die Membrane, welche den Vorhof

überzieht, sowie die Bogengänge sind nicht an den knöchernen Wänden dieser Höhlungen angebracht, aber sie sind in ihrem Innern schwebend.

Die Figur 2 ist das Labyrinth; Fig. 3 das Trommelfell und die Knochen.

Struktur des Kehlkopfs.

Er hat die Gestalt eines umgekehrten Kegels (Fig. 4 Taf. V.), dessen kleinerer Durchmesser unten in Communikation mit der Trachäenarterie ist. Der Kehlkopf hat zwei Oberflächen, eine äußere und eine innere, und zwei Enden, ein oberes und ein unteres. Da die äußere Oberfläche von keinem Nutzen für den Physiker ist, so sprechen wir nicht davon. Mit der inneren Oberfläche verhält es sich nicht so, sie ist in ihrer ganzen Ausdehnung von einer Schleimhaut überzogen, nach unten besteht sie aus einem Knorpel, welcher eine ringartige Form hat, und seine Dimensionen nicht verändern kann, gegen die Mitte befinden sich auf jeder Seite die Stimmbänder oder andere Bänder der Stimmritze, welche von den Ligamenten und Muskelfasern gebildet werden, welche von Schleimhäuten bedeckt sind. Ueber den Stimmbändern befinden sich zwei gestreckte mehr oder minder tiefe Höhlen, welche Ventriculus Morgagni heißen. Diese Höhlen sind von einer Falte (4) der Schleimhaut, welche parallel mit den Stimmbändern geht, begränzt, und welche man das obere Stimmritzenband heißt; der Zwischenraum, der sich zwischen dem oberen und unteren Stimmritzenband einerseits und denen auf der entgegengesetzten Seite befindet, heißt Stimmritze (5).

Der Kehldeckel ist eine Art faserig-knorpliger Zunge, welche über der oberen Oeffnung des Kehlkopfes liegt, er ist an seiner Grundfläche unter der Wurzel der Zunge befestigt und erhebt sich schief in dem

Hintermunde, kann sich aber niederlassen und die Stimmritze bedecken.

Von den constituirenden Kügelchen der organischen Gewebe und der Kügelchen des Bluts und verschiedener Sekretionen.

Man hat aus den Einzelnheiten, in welche wir uns in Beziehung auf die Struktur der Muskeln und der Nerven eingelassen haben, sehen können, daß diese Organe, wenigstens die Muskeln, Kügelchen zu constituirenden Molekülen haben, und daß es wahrscheinlich ist, daß man dieser Ursache die runden Formen zuschreiben müsse, welche die organischen Körper gewöhnlich annehmen; sie nehmen wirklich nur in besonderen Fällen und wenn das lebende Thier nicht gesund ist, polyedrische Gestalten an. Die Vereinigung der organischen Moleküle gibt Formen ihr Entstehen, welche mit den Funktionen vereinbar sind, welche die Organe oder die Gewebe, die daraus entspringen, erfüllen müssen. Auf diese Weise sind die Hüllen der Arterien und der Venen zu Röhren gerollt. Das Fibrin, das ein constituirender Theil der Muskeln ist, verlängert sich in einander genäherte Fibern. Das Zellengewebe erweitert sich in dünne, häutige Blätter. Alle diese Körper, wir wiederholen es, scheinen, unter dem Mikroskope gesehen, einen Einschlag von kleinen sphärischen Körperchen zu bilden, welche man für die constituirenden organischen Moleküle hält.

Wir wollen nun die organischen Kügelchen im Muskelsysteme, Nervensysteme, Gefäßsysteme und den in den Organen fortgeschafften Flüssigkeiten endlich in den verschiedenen Sekretionen durchgehen. Wir haben schon von den Kügelchen der Elementarfibern in den Muskeln gesprochen. Wir werden demnach nicht darauf zurückkommen. Was die Nerven anbe-

trifft, so weiß man bloß, daß, wenn man die Hirnmaterie einem Mikroskope von starker Vergrößerung unterwirft, sie aus Fettkügelchen und Eiweißkügelchen zu bestehen scheint. Man hat keinen deutlichen Unterschied zwischen der Zusammensetzung des Arterien- und Venenbluts gefunden. Ein Tropfen Blut scheint unter dem Mikroskop aus platten, dünnen durchscheinenden Theilen zu bestehen, welche in einer gelben Flüssigkeit schwimmen. Wenn man die Schwimmhaut der Pfote eines Frosches, oder die Flügelhaut einer Fledermaus dem Versuche unterwirft, so findet man, daß das Blut in den dünnsten Gefäßen rollt, und daß die Kügelchen, welche sich darinnen befinden, von einer Seite zur andern sich drehen, was nicht anzunehmen erlaubt, daß sie sphärisch sind. Man glaubte früher, diese Kügelchen bildeten die färbende Materie des Bluts; aber Young hat gezeigt, daß man sie von dieser Materie trennen kann, und daß sie alsdann im reinen Wasser oder Serum zu schwimmen fortfahren. Die organische Zusammensetzung dieser Kügelchen hat viele Physiker beschäftigt. Home gab an, sie beständen aus einem Moleküle farblosen Faserstoffs, welches von einem Häutchen von rothgefärbter Materie umgeben ist, das einige Zeit nachher, als das Blut ausgeflossen war, aufhörte, den Faserstoff zu umhüllen. Prevost und Dumus bestätigten die Beobachtung, und zeigten außerdem, daß die Kügelchen bei den Säugethieren kreisrund, bei den Vögeln und den Thieren mit kaltem Blute elliptisch sind, und daß in einer und derselben Thierart die Kügelchen dieselbe Dicke hätten, während sie sich mit den Arten verändert. In Rücksicht auf den Unterschied, welcher zwischen dem Arterien- und Venenblut existirt, enthält das erste ein Hundertel seines Gewichts an Kügelchen mehr als das venöse Blut; daß das Blut der Vögel reicher an Kügelchen ist; unter den Säugethieren haben die Carnivoren mehr

als die Herbivoren, und endlich sind die Thiere mit kaltem Blute diejenigen, welche am wenigsten haben. Wir geben hier nach Mandl die Durchmesser der Blutkügelchen einer gewissen Anzahl Thiere:

Durchmesser, welcher in Bruchtheilen des Millimeters ausgedrükt ist.

Mensch	1/125
Hund	1/150
Känguru	1/133
Elephant aus Afrika	1/100
Tapir	1/160
Hirsch aus Indien	1/150
Giraffe	1/160
Indischer Bock	1/300
Astrachanischer Hammel	1/275
Schottischer Hammel	1/250
Hammel aus Norwegen	1/300
Dromedar	1/125
Kameelziege	1/125
Papagei	1/90
Pfau	1/87
Turteltaube	1/80
Murœna anguilla	1/75
Cyprinus carpio	1/60
Frosch	1/45
Salamander	1/30
Astacus fluviatilis	1/350
Helix pomatia	1/450

Der Elephant ist unter allen vierfüßigen Thieren dasjenige, welches die größten Kügelchen hat; sie sind jedoch kleiner als die der Vögel.

Um die Kügelchen zu beobachten, darf man nur einen Tropfen Blut, unmittelbar nach seinem Austritt aus dem Gefäße, auf den Objektsträger des Mikroskops bringen und ihn dadurch ausbreiten, daß

man ein Glas darauf legt, man darf aber keinen starken Druck ausüben, um die Kügelchen nicht zu entstellen. Um das Blut des Menschen zu beobachten, muß man sich hüten, Wasser daran zu thun und ein Reagens anzuwenden, das sie entstellen würde. Unerläßlich ist es ferner, diese Kügelchen an lebenden Thieren zu studiren, weil einerseits das mehr oder minder rasche Gerinnen des Blutes ein Hinderniß ist und andrerseits die Fäulniß und die chemischen Reaktionen, welche auf den Tod folgen, dieselbe entstellen.

Die Flüssigkeiten, welche das Blut bei den kaltblütigen Thieren vertreten, enthalten gleichfalls Kügelchen, welche aber keine farbige Hülle haben. Nach Milne Edwards und Audouin haben die Kügelchen in diesen Flüssigkeiten das Aussehen häutiger Bläschen von verschiedenen Volumen und sind weit größer als bei den warmblütigen Thieren. Man hat behauptet, daß die Zahl der in dem Blute enthaltenen Kügelchen, die Schnelligkeit, mit welcher dieses cirkulirt, und das öftere Athmen mit der Temperatur der Thiere im Verhältnisse stehe. Bei den Vögeln, welche die meisten Kügelchen haben, ist auch wirklich die Temperatur am höchsten und das Athmen am thätigsten; nach ihnen kommen die Säugethiere. Dem ungeachtet kann man dieses Verhältniß nicht zum Gesetze erheben, denn der Affe, welcher mehr Blutkügelchen, einen schnelleren Puls hat und schneller athmet als der Mensch, hat doch keine so hohe Temperatur wie der letztere; das Pferd, welches beinahe zwei Drittel der Kügelchen des Menschen hat, hat beinahe die nämliche Temperatur. Man hat bisher in der Lymphe keine organische Kügelchen gefunden. Was den Chylus anbetrifft, der mit der Lymphe Aehnlichkeit hat, so hat man in demselben eine Menge Fettkügelchen gefunden, welche sich zusammenklümpern.

Donne, der die Kügelchen besonders studirte, welche von verschiedenen Organen abgesondert werden, unter-

scheidet drei Arten, die in Beziehung auf ihre physische und chemische Eigenschaften eine identische Struktur und Mischung haben. Diese drei Arten von Kügelchen sind die schleimigen, welche in dem Schleime enthalten und von den eigentlichen Schleimhäuten abgesondert sind, die weißen Kügelchen des Blutes und die Eiterkügelchen. Diese drei Arten von Kügelchen bestehen nach Donne aus einer rundlichen Blase, die in ihrem Innern drei bis vier Kügelchen enthält, die weniger als $^1/_{100}$ Millimeter im Durchmesser haben. Ihre Oberfläche ist etwas körnig und ihr Umfang ein wenig gefranst; sie sind weiß, sphärisch und haben mehrere chemische Eigenschaften, unter andern die, daß sie nach Verlauf einer gewissen Zeit in Ammoniak löslich sind, während sie in der Essigsäure unlöslich sind. Der einzige Unterschied, den man zwischen diesen drei Arten von Kügelchen bemerken kann, besteht darin, daß die weißen Kügelchen des Blutes ein zartes Gewebe haben, daß sie den äußeren Agentien z. B. weniger widerstehen als die des Eiters, und daß die Kügelchen des Schleims durch eine klebrige Materie mit einander verbunden sind, die man weder in dem Blute noch in dem Eiter findet. Donne meint hinsichtlich dieser Analogie in der Struktur doch nicht, daß eine Analogie und Identität des Ursprungs und der Natur zwischen diesen drei Arten von Kügelchen stattfinde; diese Aehnlichkeit hängt nur von der gleichförmigen Bildungsweise dieser Kügelchen ab. In dieser Beziehung stellt er folgendes Gesetz auf: die kleinen Kügelchen, wie sie in vielen Flüssigkeiten und besonders in dem Chylus vorkommen, haben die Eigenschaft, wenn sie in einer eiweißartigen Flüssigkeit rollen, sich in eine blasenförmige Eiweißschichte zu hüllen; dies ist nach seiner Ansicht der Ursprung der primitiven Blase und der drei Arten der vorhin erwähnten Kügelchen. Diese Bildungsart läßt sich nicht bloß auf die Kügelchen des Chylus, die in das

Blut kommen, sondern auch sehr wahrscheinlich auf die Schleim- und Eiterkügelchen anwenden. Nicht alle sogenannte Schleimhäute sondern Schleimkügelchen aus. Donne unterscheidet zwei Arten, die eigentlichen Schleimhäute, welche ächte Schleimkügelchen ausscheiden, und unächte Schleimhäute, welche nur Hautfalten sind. Nach dem Studium, das er über diese Häute anstellte, hat er gefunden, daß jede einen Schleim absondernde Schleimhaut alkalinisch ist und in diesem Falle sind die Kügelchen ein ächtes Ausscheidungsprodukt. Jede Haut, die einen Schleim mit epidermischen Lamellen liefert, ist sauer, und die Lamellen sind nur ein Entschuppungsprodukt der Epidermis. Er unterscheidet jedoch eine dritte Haut, welche zwischen den beiden vorhergehenden liegt und zum Theile an den Eigenschaften der Haut und der Schleimhäute Theil nimmt. Sie kommt neben den Mündungen an der Stelle vor, wo die Haut ihre Natur zu ändern anfängt. Das Produkt der Ausscheidung dieser Haut besteht zum Theile aus epidermischen Lamellen, zum Theile aus Schleimkügelchen; es ist nach dem Vorherrschen der einen oder der andern bald sauer, bald alkalinisch. Wir haben jetzt nur noch von den Milchkügelchen zu sprechen, welche nach Donne im Mittelpunkte vollkommen durchsichtig, in ihren Umrissen sehr deutlich und von verschiedenen Durchmessern von $1/_{1000}$ Millimeter vielleicht bis auf $1/_{100}$ und noch mehr sind; mit Reagentien verhalten sie sich wie der Fettstoff und bestehen auch wirklich aus dem buttrigen Theile der Milch, in welcher sie schon ganz gebildet nach ihrer Reichhaltigkeit in einer mehr oder minder großen Anzahl vorkommen und durch ihre Vereinigung an der Oberfläche derselben den Rahm bilden; sie schwimmen in dem Milchwasser, wo der Käsestoff aufgelöst ist. Diesem Schweben dieser Kügelchen verdankt die Milch ihre weiße Farbe; man kann auch wirklich die

Milch so filtriren, daß die Kügelchen in dem Seihesack zurückbleiben; die durchlaufende Flüssigkeit ist wasserhell. Donne meint, daß die Milch bei ihrer Bildung in den Brüsten nicht diese Constitution habe. Die primitive Milch oder Calostrum zeichnet sich durch das Vorkommen besonderer Körperchen aus, denen er den Namen körnige Körper oder Calostrum gegeben hat.

Anatomie des Frosches und des Krampffisches.

Um das zu ergänzen, was die Kenntnisse anbetrifft, die sich auf die Molekularconstitution der Körper beziehen, die man zum Studium der angewandten Physik nöthig hat, wollen wir eine Anatomie des Frosches geben, eines Thieres, das für das Studium der Muskelzusammenziehungen ganz geeignet ist. Diese Anatomie soll bloß in der Angabe der Muskeln und der Benennung der vorzüglichsten Organe bestehen.

Die 5te Figur Taf. V. stellt einen Frosch vor, wovon alle Organe entblößt sind, und deren Benennung hier folgt:

A. a Anhängsel, die Arten von Blättern gleichen; i Mastdarm; — rrrr Milz; — tt Hoden; — vs Samenblase; — vu Urinblase.

B. i Mastdarm; — tt Hode; — vs Samenblase; — vu Urinblase; — aa Aorte, Verästungen der Aorte; — c Herz; — e Magen; — f Leber; — i Mastdarm; — l Windungen der Gedärme; — p Lungen; — r Milz.

Benennung der Muskeln.

Fig. 6. Muskeln der Rückenfläche.

Fig. 7. Muskeln der Bauchfläche.

1. M. intermaxillaris. — 2. Supra-maxillo-prae-nasalis. — 3. Supra-maxillo-post-nasalis. — 4. Quer unter dem Kinne befindlicher Muskel. — 5. Vorderer

runder Augenliedmuskel. — 6. Aeußerer runder Augenliedmuskel. — 7. Vorderer, über der Augenhöhle liegender Augenmuskel. — 8. Hinter der Augenhöhle liegender Augenmuskel. — 9. Fronto-pterygoidius. — 10. Orbito-post-ocularis. — 11. Prae-sub-orbito-ocularis. — 12. Post-orbito-sub-ocularis. — 13. Post orbito-in-ocularis. — 14. Post-orbito-ex-ocularis. — 15. Unterkinnladenmuskel. — 16. Kinnmuskel des Zungenbeins. — 17. Zum Brustbein und Zungenbein gehöriger Muskel. — 18. Zwischen den Schulterblättern und dem Zungenbeine befindlicher Muskel. — 19. Rupeo-cerato-hyoideus. — 20. Zungenbeinmuskel. — 21. Schließmuskel. — 22. Kaumuskel. — 23. Unterer, zum Hinterhaupte und zum Rücken gehöriger Winkelmuskel. — 24—29. Masse der Zurückbeuger. — 30. Querweichenmuskel. — 31. Zum Schambeine und zur Brust gehöriger Muskel. — 32. Bauchkehlmuskel. — 33. Dorso-sub-abdominalis. — 34. Ileo-transverso-sub-sternalis. — 35. Tibio-dorso-cutaneus. — 36. Coxis-dorso-cutaneus. — 37. Sub-occipito-adscapularis. — 38. Limbo-adscapularis. — 39. Xyphyo-adscapularis. — 40. Der breite Rückenmuskel. — 41. Prae-sterno-scapulo-humeralis. — 42. Abdomino-humeralis. — 43. Prae-sterno-clavi-radicalis. — 44. Scapulo-bi-humero-olecranius. — 45. Epicondylo-sub-carpianus. — 46. Humero-supra-digitalis. — 47. Epitro-dilo-sub-phalangetianus. — 48. Ex-ilio-tranchanterianus. — 49. Sub-ilio-femuralis. — 50. Sub-eschio-pubi-femuralis. — 51—54. Pelvi-femuro-rotuliani. — 55. Supra-ischio-poplitaeus. — 56. Sub-ischio-tibialis. — 57. Post-ischio-tibialis-profundus. — 58. Bis-ischio-tibialis. — 59. Prae-femuro-tibialis. — 60, 61. Prae-femuro-astragaliani.

Da die elektrischen Organe des Krampffisches ein besonderes Interesse für den Physiker haben müssen, so wollen wir nach Breschet eine sehr ausführliche Anatomie desselben geben.

Auf jeder Seite des Mundes und der Respirationswege befindet sich ein Organ von halbmondförmiger Gestalt, das aus einer Menge von gewöhnlich sechsflachigen Prismen besteht, die parallel nebeneinander und senkrecht auf dem Boden liegen. Diese Prismen, welche gegen ihren mittleren Theil hin länger als gegen die Endpunkte sind, geben diesem Organ eine Dicke, die in ihrer Mitte beträchtlicher als gegen die Ränder hin ist. Vorwärts und vor dem Geruchsorgan stehen die beiden prismatischen Körper durch ein Zwischengewebe, das aus immer kleineren Zellen besteht, in denen sich ein Gewebe befindet, das demjenigen, woraus die Prismen bestehen, vollkommen ähnlich ist, in Berührung miteinander.

Das ganze Organ hüllt eine Haut von faseriger Natur ein, die mit den benachbarten Theilen nicht sehr zusammenhängt, und von denen man sie mit Leichtigkeit trennt. Nach Außen ist sie mehreren knorpligen Stücken eingefügt, die in einem Kreisbogen stehen und mit einander abgegliedert sind. Von den Muskeln, die in diesem knorpligen Bogen eingefügt sind, können die einen das Organ niederdrücken, die andern eine umgekehrte Wirkung hervorbringen. Von der inneren Fläche der fasrigen Haut, welche das Organ auf allen Seiten einhüllt, gehen gleichfalls faserige Scheidewände aus, in deren Dicke sich eine ungeheure Menge von Nervenfasern verästet. Die faserigen Scheidewände bilden eben so viele Zellen, die denen einer Honigwabe ähnlich sind, mit dem Unterschiede jedoch, daß die Zellen des elektrischen Organs von allen Seiten geschlossen sind; die Scheidewände sind so angebracht, daß sie zwei Prismen zugleich gehören. Demnach hat nicht jedes Prisma, obgleich es ganz von den andern isolirt ist, eine eigene Haut.

An den Vereinigungspunkten der Scheidewände, d. h. an den Stellen, wo sich drei von diesen Wänden verbinden, befinden sich die Nerven und die Ge-

fäße, welche in das Innere der Zelle hineingehen; an diesen Winkeln ist auch das Prisma angewachsen, während es von dem übrigen Theile der Scheidewände ganz frei zu sein scheint.

Der Bau der Prismen, dessen Kenntniß so wichtig ist, weil er einiges Licht über den Gebrauch verbreiten kann, den der Krampffisch von seinem prismatischen Organe macht, um die Erschütterung von sich zu geben, hat gleichfalls die Aufmerksamkeit Breschet auf sich gezogen. Nach diesem gewandten Anatomen gehen Nervenfaden durch die Scheidewände in gleicher Höhe mit den Winkeln und verlieren sich in die Prismen, welche nicht von nervenartiger Natur sind. Da die Gefäße für uns kein unmittelbares Interesse haben, so erwähne ich ihrer hier nicht.

So sehen die Prismen aus: wenn man die Scheidewand der Länge nach spaltet und sie auf die Seite so umlegt, daß man eine von den Flächen des Prisma entblößt, so sieht man auf dieser Fläche eine Menge von Querstreifen, die unter sich durch ein äußerst dünnes und durchsichtiges Zellgewebe verbunden sind. Die Streifen zeigen keine isolirte und übereinanderliegende Lamellen an, wie die Elemente einer Voltaischen Säule, sondern alles ist mit einander verbunden und bildet eine beinahe gleichartige, gestaltlose Masse, bei welcher man nur Streifen sieht, die etwas dunkler als das Uebrige sind und von denen man annimmt, daß sie nervenartig seien, weil ihr Ausgangspunkt den Vereinigungswinkeln der Scheidewände entspricht, wo man die Nervenfäden hinein gehen sieht. Die große Menge der Nervenfäden, die in das Innere des Organs hineingehen, scheint diese Ansicht zu bestätigen.

Fig. 9 Taf. V. zeigt einen Krampffisch von der Rückenseite.

Die Figuren 8 und 9 stellen die so eben beschriebenen verschiedenen Theile vor.

Fig. 8. Rechte Seitenhälfte des Krampffisches. Von seiner unteren Fläche gesehen: die Decken sind weggenommen, um das elektrische Organ zu zeigen.

A Extremität des Körpers des Thieres und Medianlinie.

B Backen.

C Nasenlöcher.

DDDD Muskeln des Backenapparates.

EE Muskeln des Respirationsapparates.

F Kiemenöffnung.

GGG Elektrisches Organ.

G′ Vorderer Theil dieses Organs, vermittelst dessen es mit dem auf der entgegengesetzten Seite in Verbindung steht.

HH Innerer Rand des elektrischen Organs, wo man die Gestalt und die Höhe der Prismen sieht.

IIII Nervenstränge, die sich ganz in das elektrische Organ vertheilen.

J Knorpliger Bogen zu Einfügung des elektrischen Organs.

K Muskel, der sich in diesen knorpligen Bogen einfügt.

XXX Hautfetzen.

Fig. 10. Theile eines isolirten und seiner Hüllen beraubten Prisma; die Streifen sind auf demselben angezeigt.

Fig. 11. Diese Zeichnung zeigt die Hüllen oder vielmehr die Scheidewand, welche die Prismen trennt, mit den fasrigen Fäden, welche glänzend weiß sind, und die Nervenfaden, welche graulich weiß sind.

Wir haben in diesem Buche von der Molekularconstitution der Körper die Kenntnisse vorgetragen, die zum Studium der Physik in ihrer Anwendung auf die Chemie, Physiologie und die verwandten Wissenschaften erforderlich sind. Größere Entwicklungen schienen uns überflüssig, um unseren Zweck zu erreichen und die Schranken nicht zu überschreiten, die wir uns gesteckt haben.

Zweites Buch.

Von den physikalischen und chemischen Kräften, nach welchen sich die Constitution der Körper richtet.

Erstes Kapitel.

Von der Elektricität.

Nachdem wir angegeben haben, welches die Kräfte seien, wornach sich die Constitution der unorganischen Körper richtet, so wollen wir jetzt ihre Eigenschaften, ihre Verhältnisse und ihre Wirkungsweise untersuchen. Zu Erreichung dieses Zweckes aber muß man sich, so zu sagen, zu ihrem Herrn aufwerfen und sie von einander trennen; diese Kräfte sind: die Elektricität, die Wärme, das Licht, die Verwandtschaften und die Aggregationskraft. Wir wollen mit der Elektricität anfangen, die sich uns, da sie abwechslungsweise Wärme, Licht, chemische Kraft, Aggregationskraft wird, mit allen Merkmalen eines universellen Stoffes darstellt; überdies bestimmt uns noch ein anderer Grund zu dieser Verfahrungsweise; die Elektricität liefert nämlich eine Menge Mittel zum Experimentiren, deren wir zur Untersuchung der andern Agentien nöthig haben.

Eine Glasröhre, deren Oberfläche ganz trocken ist, oder ein Stück Harz, das mit Tuch oder einem wollenen Lappen gerieben wird, erlangen die Eigen-

schaft, leichte Körper, die man in ihre Nähe bringt, anzuziehen; man sagt alsdann, der Körper sei elektrisirt. Nähert man das geriebene Harz einem Holundermarkkügelchen, das an einem seidenen Faden hängt, so wird das Kügelchen sogleich abgestoßen, während es, wenn man ihm den anderen geriebenen Körper hinhält, angezogen wird. Man schließt daraus: 1) daß ein elektrisirter Körper einen andern, welcher es nicht ist, anzieht; 2) daß ein elektrisirter Körper einen Theil seiner Elektricität an denjenigen abtritt, der ihn berührt; 3) daß zwei Körper, welche die gleiche Elektricität besitzen, sich abstoßen; 4) daß sich diese Körper anziehen, wenn der eine die Elektricität besitzt, die vom Glase herrührt, und der andere die, welche das Harz liefert. Die erste wird Glas- oder positive, die zweite Harz- oder negative Elektricität genannt. Der Versuch beweist überdies, daß der geriebene Körper immer eine Elektricität besitze, welche die entgegengesetzte von der des Reibzeuges ist; daß, wenn man den Contakt zwischen diesen beiden Körpern eine mehr oder minder lange Zeit bestehen läßt, beide das Vermögen verlieren, welche ihnen das Reiben verschafft hatte; man sagt alsdann, es finde Wiederzusammensetzung der beiden Elektricitäten oder Bildung des natürlichen Fluidum Statt. Diese Wiederzusammensetzung tritt selbst dann ein, wenn sich die Körper nicht berühren, wenn nur jeder eine Menge Elektricität besitzt, die hinreichend ist, den Widerstand der Luft zu überwinden; in diesem Falle geht die Wiederzusammensetzung mit Lichtentwicklung vor sich. In derjenigen Theorie, wo man die Elektricität als ein imponderables Fluidum annimmt, ist das natürliche Fluidum selbst ein imponderables Agens; in derjenigen aber, in welcher man annimmt, daß die Elektricität das Resultat der Schwingungen des Aethers sei, bezeichnet das natürliche Fluidum bloß den Zustand der Ruhe des Aethers.

Was uns anbetrifft, so werden wir die Elektricität als ein imponderables Fluidum annehmen, um zu einer leichteren Erklärung der Phänomene der statischen Elektricität zu gelangen.

Wenn man das Holunderkügelchen an einen sehr feinen Metalldraht, anstatt an einen Seide- oder Glasfaden hängt und man demselben einen elektrisirten Körper nähert, so findet gleichfalls Anziehung Statt, auf welche aber nach der Berührung keine Abstoßung folgt. Die Seide und das Metall besitzen also nicht dieselbe Eigenschaft. Das Metall gestattet der Elektricität einen Abfluß in die Erde, welche der gemeinschaftliche Sammelplatz genannt wird, während sich die Seide, das Harz, das Glas ihrem Wege widersetzen. Es gibt also Körper, welche gute Leiter der Elektricität, und Körper, welche schlechte Leiter derselben oder isolirend sind. Zu den Erstern gehören: das Gold, das Silber, das Kupfer, das Platin, das Zink, das Eisen, das Zinn, das Blei u. s. w. der Anthracit, das Wasserblei, das vollkommen gebrannte Coak und die Kohle, wenn sie auch einen hinreichenden Grad des Brennens erhalten hat; das Holz vom Spindelbaume ist, wenn es nur eine halbe Verkohlung erhalten hat, kein Leiter; sodann kommen die Kiese, der Bleiglanz, das Mangansuperoxyd, sodann die sauren, salzigen Lösungen u. s. w.; das Leitungsvermögen von diesen ist um mehrere tausendmale schwächer, als das der Metalle. Schlecht leitende Körper sind: das Glas, das Harz, der Schwefel (dieser letztere wird für den schlechtesten Leiter gehalten), die öligen Flüssigkeiten, die fetten Stoffe. Die Leitungsfähigkeit kann von dem molekularen Zustande abhängen, wie der Diamant, der Anthracit, und das Coak Beispiele davon geben; der erstere isolirt, die beiden andern sind Leiter. Damit ein leitender Körper die ihm ertheilte Elektricität erhalte, muß man ihn auf ein Stück Glas, Harz

oder Schwefel, vorzugsweise aber auf einen von den beiden letztern stellen, weil sich das Glas, wie alle polirte Körper, schnell mit einer Schichte hygrometrischen Wassers überzieht, welche dasselbe zu einem Leiter macht, wofern man dasselbe nicht vorläufig stark erwärmt. Das Vorkommen des hygrometrischen Wassers auf der Oberfläche der schlecht leitenden Körper ist nicht nur ein Hinderniß in dem, daß sie zu Isolatorien dienen, sondern auch noch darin, daß sie durch Reiben elektrisch werden; aus diesem Grunde gelingen Versuche über die freie Elektricität nur bei trockener und kalter Witterung.

Die Luft und die Gase, welche isoliren, wirken, jedoch nur bis auf einen gewissen Grad, nur durch ihren Druck, um die Elektricität an der Oberfläche der Körper zu erhalten, man beweist dies dadurch, daß man einen elektrisirten Körper unter den Recipienten einer Luftpumpe bringt: dieser Körper verliert nach und nach in dem Verhältnisse seine Elektricität, als man die Luft wegschafft; selbst dann aber, wenn der leere Raum so vollkommen als möglich gemacht ist, können die Körper noch eine gewisse Menge von Elektricität behalten, wie wir beweisen werden.

Allgemeine Eigenschaften der statischen und dynamischen Elektricität.

Wir haben durchaus nicht im Sinne, die allgemeinen Eigenschaften der Elektricität vollständig vorzutragen, weil wir ein vollständiges Werk herausgegeben haben, in welchem sie abgehandelt sind, wohl aber mit denjenigen bekannt zu machen, deren Kenntniß zu Verfertigung und Anwendung der Apparate unerläßlich ist, die dazu bestimmt sind, die Entwicklung der Elektricität zu studiren, womit wir uns jetzt auf eine besondere Weise beschäftigen wollen.

Zwei frei herabhängende und auf gleiche Weise

elektrisirte Körper stoßen sich ab, während sie sich anziehen, wenn sie entgegengesetzte Elektricitäten besitzen; dieses Abstoßen oder dieses Anziehen ist um so stärker, je näher die Körper bei einander sind und je größer die Elektricitätsmenge ist, die sie besitzen. Coulomb hat vermittelst der Drehwage bewiesen, daß diese Wirkungen im direkten Verhältnisse der Elektricitätsmengen, welche jeder Körper besitzt und im umgekehrten Verhältnisse des Quadrats ihrer Entfernung stattfinden; ein Gesetz, welches das Nämliche ist, wie das, nach welchem sich die Attraktionen am Himmel richten.

Man hat früher gesehen, daß, wenn ein elektrisirter Körper von einem andern berührt wird, dieser dem ersteren einen Theil seiner Elektricität entziehe. Diese Menge hängt von der Größe seiner Oberfläche ab; wird dieser Körper in Verbindung mit der Erde gebracht, so ist die ihm bleibende Elektricitätsmenge so verringert, daß sie nicht mehr wahrnehmbar ist. Man ermißt sie vermittelst ihrer Spannung. Unter Spannung versteht man die Resultante der zurückstoßenden Wirkungen, welche die Moleküle der freien Elektricität, welche auf der Oberfläche eines Körpers verbreitet sind, auf einander ausüben: sie ist also der Dichtheit des Fluidums, d. h. der Zahl der Moleküle, die in einem gegebenen Raume enthalten sind, proportional; überdies hat der Versuch gezeigt, daß die Totalkraft der Attraktion oder der Repulsion zweier elektrisirten Körper für jede Entfernung in demselben Verhältnisse verschieden sei, wie die Elektricitätsmengen, die jedem von ihnen eigen sind; ihre Reaktion ist also dem Produkte dieser beiden Größen proportional.

Wir wollen jetzt zu der Elektricitätsmenge übergehen, welche ein isolirter und elektrisirter Körper in einer gegebenen Zeit durch den Contakt der mehr oder weniger feuchten Luft und durch mehr oder we-

niger isolirende Stützen verliert. Man hat gesehen, daß es weder vollkommen leitende noch vollkommen isolirende Körper gebe; daß die Metalle, sodann die liquiden Körper die besten, und daß das Glas, das Harz u. s. w. die schlechtesten Leiter sind. Dies vorausgeschickt, wirken zwei Ursachen auf den Verlust der Elektricität ein, welche ein elektrisirter Körper besitzt: die erste ist die Natur der Stützen, welche nie vollkommen isoliren; die zweite die Luft, welche immer mit Feuchtigkeit versehen, eine geringe Schichte hygrometrischen Wassers auf die Stützen absetzt und sie dadurch zu Leitern macht. Ueberdies ist ein elektrisirter Körper von der atmosphärischen Luft eingehüllt, welche nach der Natur ihrer constituirenden Theile und den wässerigen Molekülen, die sie enthält, mehr oder weniger isolirend ist. Jedes Moleküle der Luft, das einen elektrisirten Körper berührt, ladet sich mehr oder weniger schnell mit der Elektricität dieses Körpers; dieses Moleküle wird in Folge der Repulsion, welche zwischen zwei Körpern, welche gleichnamig elektrisirt sind, stattfindet, abgestoßen; an seine Stelle tritt ein anderes, das elektrisirt und sodann gleichfalls abgestoßen wird u. s. w. Auf diese Weise kann die Elektricität, welche ein Körper besitzt, ganz in eine Atmosphäre verbreitet werden, welche wässerige Dünste enthält. Nach Coulomb's Beobachtungen ist das Verhältniß der an der Thatkraft verlorenen elektrischen Kraft bei dem nämlichen Feuchtigkeitszustande der Luft eine constante Größe; dieses Verhältniß verändert sich nur, wenn das Hygrometer eine Veränderung anzeigt; und bei einer und derselben Beschaffenheit der Luft ist der Elektricitätsverlust der elektrischen Dichtheit proportional. In Beziehung auf das Gesetz, nach welchem sich der Elektricitätsverlust längs der isolirenden Stützen hin richtet, hat er, als er den Grad der elektrischen Rückwirkung, bei welchem jede von den Stützen

vollkommen zu isoliren anfängt, aufsuchte, gefunden, daß der Grad dieser Rückwirkung der Quadratwurzel ihrer Länge proportional sei: daher isolirt bei der nämlichen Beschaffenheit der Luft eine Stütze von vierfacher Länge eine doppelte Elektricitätsmenge vollkommen. Wir fügen indessen bei, daß dieses Gesetz nur bei sehr feinen, gleichartigen Stützen, welche auch gleiche Durchmesser haben und die sich nur durch ihre Länge von einander unterscheiden, seine Richtigkeit habe; Coulomb hat jedoch, indem er sich auf dieses Gesetz stützte, gefunden, daß bei gleich langen und gleich dicken Fäden aus Siegellack und Seide die Intensität der elektrischen Rückwirkung, bei welcher das Isoliren anfängt, bei der ersten Substanz zehnmal stärker als bei der zweiten ist.

Coulomb fand überdies, daß, wenn die elektrische Dichtheit des Körpers nicht beträchtlich ist, ein kleiner Cylinder von Siegellack von 1,125^{mm} im Durchmesser und von einer Länge von 0,550^{m} hinreichend sei, um ein Hollünderkügelchen von 13,535^{mm} im Durchmesser vollkommen zu isoliren, und daß bei sehr trockener Luft ein sehr feiner Seidefaden, der in kochendes Siegellack gethan wurde und nur einen kleinen Cylinder von 0,500^{mm} im Durchmesser und von 0,15^{m} in der Länge bildete, den nämlichen Zweck erfüllte, während ein an dem Blastische gezogener Glasfaden, obschon er die nämliche Länge hat, das Kügelchen nur bei sehr trockener Witterung, und bei schwach elektrisirtem Körper, isolirt.

Wenn man sich mit den Erscheinungen der statischen Elektricität beschäftigt, so muß man einen vollständigen Begriff von der Elektricitätsmenge, welche ein Körper besitzt, und von ihrer Vertheilung auf seiner Oberfläche haben, denn die Schichte ist nicht auf allen Theilen dieselbe, wenn der Körper nicht kugelförmig ist. Dies ist eine Aufgabe, welche Coulomb äußerst in Anspruch nahm, und welche er auch löste.

Die alten Physiker wußten seit Beccaria, daß die ganze auf einen Körper fortgepflanzte Elektricität sich an seine Oberfläche begebe. Comlomb behauptete überdies, daß die elektrische Flüssigkeit an der Oberfläche dieses Körpers durch keine chemische Verwandtschaft oder Wahlanziehung fest gehalten werde, daß dies nur durch den Druck der atmosphärischen Luft geschehe und daß sie sich nur wegen ihrer Repulsivkraft unter verschiedene in Contakt gebrachte Körper vertheile. Zu Anstellung seiner Beobachtungen bediente sich Coulomb einer kleinen Probeplatte aus Lahn, die an einem isolirenden Cylinder aus Gummilack befestigt war. Er berührte jeden Punkt der Oberfläche des elektrisirten Körpers mit der Probeplatte und brachte diese in die Drehwage, um die Menge der entzogenen Elektricität zu bestimmen; auf diese Art verglich er ganz leicht den elektrischen Zustand der verschiedenen Theile des elektrisirten Körpers. Als er auf diese Weise mit einer hohlen Metallkugel operirte, in welcher eine Oeffnung angebracht war, in welche er die kleine Probescheibe brachte und sich vor den Wirkungen der Vertheilung, welche die Wände der Oeffnung ausüben, in Acht nahm, so fand er, daß die innere Oberfläche der Kugel keine Elektricität besitze. Man sieht sehr leicht ein, daß, wenn man einen elektrisirten Körper mit einem andern von ganz gleicher Gestalt und gleicher Leitbarkeit in Contakt bringt, die beiden Körper sich auf gleiche Weise laden, und daß alsdann die chemische Verwandtschaft durchaus keinen Einfluß auf die Vertheilung der Elektricität äußere.

Als Coulomb angenommen hatte, daß die elektrische Flüssigkeit an der Oberfläche des Körpers nur durch den Druck der umgebenden Luft zurückgehalten werde, so mußte er sie so ansehen, als bilde sie auf den leitenden Körpern eine sehr dünne Schichte, deren äußere Oberfläche die nämliche wie die des Kör-

pers war, und daß die innere Oberfläche sich nur unendlich wenig von derselben unterschied. Die Dicke dieser Schichte, welche man dadurch erfährt, daß man sie mit der Probeplatte und der Drehwage berührt, ist die elektrische Spannung an diesem Punkte; man muß jedoch, wenn man genaue Resultate erhalten will, mit vieler Geschwindigkeit zu Werke gehen, damit die Probescheibe während der Dauer der Versuche nicht merklich an Elektricität verliere. Diese Scheibe verringert wegen ihrer kleinen Dimensionen die Elektricitätsmenge, welche der Körper nach dem Contakte besitzt, auf keine merkliche Weise. Wir fügen sogar nach Coulomb's Versuchen noch bei, daß die Elektricitätsmenge, welche dem Körper durch die Probeplatte entzogen wurde, für proportional mit der des berührten Punktes gehalten werden dürfe, jedoch unter der Bedingung, daß diese Fläche im Augenblicke der Wegnahme eine Elektricitätsmenge mitnehme, welche das Doppelte von der des Punktes der berührten Oberfläche ist. Als Coulomb mit der Probefläche über die Oberfläche eines isolirten, sich in zwei Kugeln endigenden, Cylinders aus Messing hinfuhr, so fand er, daß die elektrische Dichtheit gegen die Endpunkte hin beträchtlicher als gegen die Mitte zu war, und daß sie von der Mitte des Cylinders bis auf acht Centimeter von den Endpunkten sich so ziemlich gleich blieb. Als er eine dünne und isolirte Stahlplatte, welche $0{,}297^{m}$ lang, $0{,}027^{m}$ breit und $2{,}256^{mm}$ dick war, dem Versuche unterwarf, so fand er, daß das Verhältniß der Elektricitätsmengen, die von der Mitte und von den Endpunkten genommen wurden, gedoppelt sei; daß dieses Verhältniß, nachdem es beinahe bis auf ein wenig mehr als $0{,}027^{m}$ von den Endpunkten beinahe constant geblieben war, sodann schnell zunehme, und daß, wenn man die Probeplatte in die Verlängerung bringt und die Dicke der Lamelle bloß an ihrem

scharfen Theile berührt, die Spannung das Vierfache von der in der Mitte betrage. Endlich hat Coulomb beobachtet, daß man die Zunahme der Spannung gegen die Endpunkte hin in sehr gestreckten prismatischen oder cylindrischen Körpern wieder antreffe, und daß sie um so größer sei, je dünner diese Körper sind; daß, wenn sich ein Cylinder gegen seine Endpunkte hin verdünnt, der Zuwachs an Elektricität immer schneller werde, und daß, wenn der Cylinder in eine Spitze auslaufe, die Anhäufung so stark werde daß die Elektricität, welche durch den Widerstand der Luft nicht mehr zurückgehalten werden kann, alsdann in Gestalt von Lichtbüscheln ausströme, vorausgesetzt, jedoch, daß die primitive Spannung hinreichend ist. Auf diese Weise erklärt man die Eigenschaft der Metallspitzen, die sich in einer geringen Entfernung von den Elektrisirmaschinen befinden, die sich unaufhörlich entwickelnde Elektricität ausströmen zu lassen. Wir sind nun dahin gekommen, von der Wirkung durch Vertheilung zu sprechen, welche ein elektrisirter Körper auf einen Körper im natürlichen Zustande ausübt, der mehr oder weniger von jenem entfernt ist.

Wenn man einen elektrisirten Körper, z. B. einen Cylinder aus Messing in geringe Entfernung von einem andern isolirten und im natürlichen Zustande befindlichen Cylinder bringt und den ersten an verschiedenen Punkten mit der Probeplatte berührt, so findet man, daß sie auf die natürliche Elektricität des zweiten eine Wirkung ausübt, welche die Erscheinung ihrer freien Elektricität verbirgt und den andern elektrisch macht; die Wirkung durch Vertheilung zersetzt die neutrale Flüssigkeit des nichtelektrisirten Körpers und trennt die beiden Elektricitäten, die sich sogleich wieder verbinden, wenn man die beiden Körper entfernt. Nehmen wir z. B. an, der elektrisirte Körper besitze die positive Elektricität, so zersetzt diese Elektricität die natürliche Elektricität des

zweiten Cylinders, zieht die negative in die zunächst gelegenen Theile, während die positive in die entferntesten Punkte zurückgetrieben wird; berührt man diese mit dem Finger, so nimmt man alsdann alle positive Elektricität hinweg, und in dem Cylinder bleibt alsdann nur noch die negative Elektricität, deren Wirkung durch die der positiven Elektricität des andern Körpers verhüllt ist; nimmt man aber diesen letzteren hinweg, so hat der Cylinder einen Ueberschuß von negativer Elektricität erlangt und man sagt alsdann, der Körper sei durch Vertheilung elektrisirt; die Wirkungen nehmen mit der Intensität der dem ersten Cylinder mitgetheilten Elektricität zu. Dieser Versuch beweist, daß alle Körper zwischen ihren Molekülen eine erstaunliche Menge natürlicher Elektricität besitzen, weil, die Intensität der Elektricität des Cylinders mag sein, welche sie will, diejenige, welche durch Vertheilung entwickelt ist, immer im Verhältnisse mit derselben steht. Wir übergehen alle Erscheinungen, welche aus der Wirkung durch Vertheilung eines elektrisirten Körpers auf einen andern, welcher es nicht ist, entspringen, so wie alles das mit Stillschweigen, was sich auf die Bewegungen bezieht, welche in allen Körpern durch die elektrischen Attraktionen und Repulsionen, die eine Folge davon sind, hervorgebracht werden.

Wenn zwei Metallscheiben, wovon jede eine gleiche Menge entgegengesetzter Elektricität besitzt, durch eine Luftschichte oder eine Platte aus einem isolirenden Stoffe getrennt sind, so üben die beiden Elektricitäten eine anziehende Wirkung auf einander aus, so daß ihre eigentliche Wirkung auf die umgebenden Körper nicht mehr wahrnehmbar ist. Man sagt in diesem Falle, die beiden Elektricitäten seien verhüllt. In dem Falle, wo der isolirende Zwischenkörper keinen großen Widerstand leistet und die Attraktivkraft stark genug ist, den Widerstand zu besiegen, den der Zwi=

schenkörper oder bloß einige seiner Theile leisten, geht eine Entladung vor sich, die mit Lichtentwicklung begleitet sein kann. Diese Eigenschaft hat dazu gedient, äußerst nützliche Apparate zu verfertigen, deren Beschreibung man in allen physikalischen Werken findet. Unter andern führen wir 1) den Condensator an, welcher dazu dient, sehr kleine Elektricitätsmengen zu sammeln und dieselben wahrnehmbar zu machen; 2) den Elektrophor oder Elektricitätsträger; 3) die Leydnerflasche und die Batterien, deren Anwendung so bekannt ist, daß wir uns der Beschreibung dieser Apparate füglich enthalten können. Bis jetzt ist nur von den physischen Eigenschaften der freien oder statischen Elektricität die Rede gewesen; dieses Agens zeigt sich aber unter tausend Umständen in einem andern Zustande, welcher dasselbe um diese Eigenschaften bringt, denn es ist nicht mehr wahrnehmbar wie vorhin; wir meinen die dynamische Elektricität oder die Elektricität in Bewegung, deren Wirkungsweise entweder als physische oder als chemische Kraft kennen zu lernen, von der höchsten Wichtigkeit ist.

Physische Eigenschaften der dynamischen Elektricität.

Die sich in Bewegung befindende Elektricität bildet das, was man einen elektrischen Strom nennt, dessen Dasein durch seine Wirkung auf die Magnetnadel nachgewiesen wird. Die Thatsache ist folgende: Wenn man durch einen Metalldraht die beiden äußersten Punkte eines Apparates verbindet, welcher die beiden Elektricitäten ohne Unterbrechung liefert und man diesem Drahte eine frei schwebende Magnetnadel nähert, so kommt diese in Bewegung, und nimmt eine Richtung an, welche von der Lage ihrer Pole in Beziehung auf den Verbindungsdraht abhängt, je nachdem einer von den Polen der Nadel dem einen oder

dem andern Pole des Apparates gegenübersteht. Nach einer kurzen Untersuchung findet man an dem von der Elektricität durchlaufenen Drahte eine revolutive Wirkung um die Achse des Drahtes; denn wenn die Magnetnadel über den horizontal ausgespannten Draht aber in der Ebene des magnetischen Meridians gestellt wird und die Thätigkeit der Säule lebhaft ist, so stellt sich die Nadel in einen rechten Winkel mit dem Drahte; stellt man die Nadel unter jenen, so geht die Abweichung in umgekehrter Richtung vor sich. Stellt man sie rechts oder links, so neigt sie sich nach der einen oder nach der andern Richtung; geht der Strom nach einer andern Richtung, so zeigen sich auch die Erscheinungen umgekehrt. Man erklärt folgendermaßen die Richtungen des Stromes. Denken wir uns einen Menschen, der in der Richtung der Länge des Verbindungsdrahtes mit den Füßen nach dem positiven Pole und mit dem Kopfe nach dem negativen Pole hin liege, so daß der Strom von den Füßen nach dem Kopfe hin gehe und daß das Gesicht der Nadel gegenüber sei; diese wird in einer solchen Richtung fortgestoßen, daß der Südpol links von dem Menschen liegt.

Der elektrische Strom wirkt im umgekehrten Verhältnisse der einfachen Entfernung, woraus man durch den Kalkül den Schluß machte, daß die Kraft, welche das Element des Drahtes ausübt, im umgekehrten Verhältnisse mit dem Quadrate der Entfernung, wie die allgemeine Anziehung und die elektrischen Kräfte wirke. Gehen wir zu der Wirkung der Ströme auf einander über, je nachdem sie in derselben Richtung oder in verschiedenen Richtungen gehen. Um diese Wirkung zu studiren, muß man vermittelst gewisser Apparate Theile der Kette beweglich machen. Man findet alsdann, daß sich die Ströme, welche nach entgegengesetzten Richtungen gehen, abstoßen und sich anziehen, wenn sie dieselbe Richtung haben; Erschei-

nungen, welche das Entgegengesetzte von denjenigen sind, welche bei der Wirkung auf Entfernung der Körper stattfinden, die verschieden oder auf die gleiche Weise elektrisirt wurden. Das Gesetz, nach welchem sich diese Wirkungen richten, kann übrigens so bestimmt werden: Zwei Theile des Stromes ziehen sich an, wenn sich beide der Spitze des Winkels nähern, und stoßen sich dagegen ab, wenn sich der eine von der Spitze desselben entfernt und der andere sich demselben nähert.

Wir wollen jetzt den Fall der geschlossenen Ketten betrachten. Ein Leiter von rechtwinklichter Gestalt sei so angebracht, daß er beweglich und der Wirkung eines unbestimmten Stromes ausgesetzt ist, dessen Richtung auf die Ebene des Rechteckes senkrecht ist. Der Versuch beweist und die Analysis bestätigt es, daß die Wirkung des Stroms diesen Leiter in eine feste Gleichgewichtslage in einer Ebene bringe, die mit dem unbestimmten Strome parallel läuft. Es wird sich ebenso verhalten, wenn man anstatt einer geschlossenen Kette eine gewisse Anzahl von Ketten nimmt, die in parallelen Ebenen liegen und deren Theile alle auf eine unveränderliche Weise mit einander verbunden sind, wie dies an dem elektro-dynamischen Cylinder der Fall ist.

Wir wollen jetzt die Wirkung der Magnete auf Leiter, die schraubenförmig gewunden sind, oder auf frei schwebende elektro-dynamische Cylinder kennen lernen. Wenn man eine magnetische Stange an einen solchen Cylinder in einer gewissen Entfernung und außerhalb dem Raume hält, der zwischen den beiden Ebenen der äußersten Spirallinien liegt, so findet man, daß die beiden entgegengesetzten Theile des Cylinders entgegengesetzte Wirkungen, d. h. Anziehungen und Abstoßungen nach der Richtung des Stromes und der Natur des zunächst gelegenen Poles zeigen, eine Erscheinung, welche durchaus denjenigen ähnlich ist,

die man beobachtet, wenn man einen Magnet gegen einen andern Magnet hält.

Ein elektro-dynamischer Cylinder ist demnach im Ganzen einer Magnetstange ähnlich. Wenn man ihn daher in seiner Mitte an einer vertikalen Achse aufhängt, so macht er von dem Augenblicke an, wo ein Strom durch ihn geht, einige Schwingungen und stellt sich in den magnetischen Meridian.

Untersucht man die Richtung der Strömungen, so findet man sie absteigend gegen Osten und aufsteigend gegen Westen, indem sie von Osten nach Westen in dem unteren Theile einer jeden Spirale und von Westen nach Osten in dem oberen Theile derselben gehen.

In Folge dieser Erscheinungen hat Ampere behauptet und durch den Kalkül bewiesen, daß man einen Magnet für einen elektrodynamischen Cylinder halten müsse, bei welchem die Ströme von Westen nach Osten in dem unteren Theile einer jeden Spirale cirkuliren, deren Ebene senkrecht auf der Achse ist, wenn der Magnet durch die Einwirkung der Erde seine Richtung erhalten hat. Diese Zusammenstellung ist für die Theorie der Magnete und besonders für die Theorie des Magnetismus von Wichtigkeit; denn man kann daraus, ohne daß jedoch die Thatsache bewiesen wird, schließen, daß der Erdmagnetismus durch die Wirkung elektrischer Ströme, welche von Ost nach West in der oberflächlichen Erdrinde cirkuliren, dargestellt werde. Dies ist eine Frage, auf welche wir wieder zurückkommen werden, wenn wir von dem Erdmagnetismus in seinen Verhältnissen zu dem Physischen der Erdkugel sprechen werden.

Verschiedene Fragen sind in Beziehung auf die Wirkung der Ströme und der Magnete gelöst worden, unter andern die, welche die Rotation der Ströme durch den Einfluß der Ströme, der Magnete oder des Erdmagnetismus und umgekehrt die Rota-

tion der Magnete durch den Einfluß der Ströme betrifft. Bevor wir die verschiedenen Ursachen angeben, welche die Entwicklung der Elektricität zur Folge haben, müssen wir die Apparate beschreiben, die dazu bestimmt sind, diese Entwicklung in allen Fällen, wo sie stattfindet, zu studiren.

Zweites Kapitel.

Von den Apparaten zu Untersuchung der Elektricitätsentwicklung.

Von den Elektroskopen und Elektrometern.

Die Apparate, die man gebraucht, um das Dasein der freien Elektricität an den Körpern nachzuweisen, haben den Namen Elektroskope und Elektrometer erhalten; die ersteren zeigen bloß das Dasein der Elektricität an; die zweiten dienen dazu, die Intensität derselben zu messen.

Ist der Körper stark elektrisirt, so darf man ihm nur leichte Körper oder noch besser ein Kügelchen aus Hollundermark, das an einem Seidefaden hängt, hinhalten. Findet ein Anziehen und sodann ein Abstoßen Statt, so ist man überzeugt, daß der Körper elektrisirt ist. Ist die Spannung der Elektricität mehr oder minder schwach, so muß man zu verschiedenen Apparaten seine Zuflucht nehmen, die in allen physikalischen Werken beschrieben sind und die wir hier ganz kurz angeben wollen. Der erste Apparat (Taf. VI. Fig. 1) besteht aus zwei sehr dünnen Strohhalmen, die parallel nebeneinander an zwei kleinen Ringen aus Metalldraht herabhängen, die an einem Metallstabe, der sich in einen runden Knopf endigt, befestigt sind; dieser Stab geht in die Oeffnung einer kleinen Glocke, in welcher er vermittelst eines Stöpsels oder Gummilacks befestigt ist. Dieser Apparat

kann ohne Nachtheil auf Reisen mitgenommen werden. Der zweite besteht aus sehr feinen Metalldrähten, an deren Enden sich zwei kleine Holunderkügelchen befinden und die wie die beiden Strohhalmen aufgehängt sind. Der dritte besteht aus zwei sehr dünnen Plättchen von geschlagenem Golde, die parallel aneinander hängen, indem sie in allen ihren Theilen mit einander coincidiren und von denen ein Ende an einem Zängchen befestigt ist, das gleichfalls an dem Metallstabe fest gemacht ist. Wenn man diesem Stabe eine kleine Elektricitätsmenge mittheilt, so wird diese auf die Goldblättchen fortgepflanzt, welche augenblicklich vermöge des Abstoßens auseinander fahren, das zwischen zwei Körpern von gleichnamiger Elektricität stattfindet. Dieses Abstoßen ist bei der nämlichen Elektricitätsmenge um so stärker, je leichter die Hebelarme sind. Die Glocke, in welcher sie sich befinden, muß einen hinreichenden Durchmesser haben, damit die Endpunkten bei ihrer größten Divergenz die Wände nicht berühren. Das vierte Elektroskop (Taf. VI. Fig. 2) hat eine größere Empfindlichkeit als die vorhergehenden. Es besteht aus einem gespaltenen Seidefaden, dessen eines Ende in den Blättern eines Zängchens befestigt ist, während das andere einen kleinen horizontalen Faden von Siegellack trägt, an dessen einem Ende eine kleine Scheibe aus Lahn angebracht ist; um die horizontale Lage zu erhalten, bringt man an dem andern Ende ein Gegengewicht an. Das Zängchen ist an einem beweglichen Stücke festgemacht, das man dreht, wenn man der Nadel eine bestimmte Lage geben will. Der bewegliche Stab ist in dem Mittelpunkte einer gläsernen Scheibe fest gemacht, welche die Glocke bedeckt, in der sich der Seidefaden und die Lahnscheibe befinden. Man bringt in dem Deckel einen Ausschnitt an, um den Körper, der dem Versuche unterworfen wird, hineinzuschaffen. Das Innere der Glocke

wird durch Chlorkalk oder lebendigem Kalke getrocknet. Will man sich dieses Apparates bedienen, so elektrisirt man die Lahnscheibe dadurch, daß man ihr eine von den beiden Elektricitäten mittheilt; sodann hält man ihr in einiger Entfernung den Körper hin, von dem man glaubt, daß er elektrisirt sei und man beurtheilt seinen Zustand aus der Anziehung, Abstoßung oder gänzlichen Ruhe der Scheibe. Diese vier Apparate können ohne Zuthun der physikalischen Instrumentenmacher verfertigt werden.

Der fünfte Apparat (Taf. VI. Fig. 3) besitzt eine noch weit größere Empfindlichkeit als der vorhergehende. Er ist folgendermaßen eingerichtet: man nimmt zwei trockene Säulen, die man senkrecht mit ihrem ungleichnamigen Pole AA′ auf eine Metallplatte stellt. Diese beiden Säulen können vermittelst zweier Nußschrauben vv′ nach Belieben einander näher gebracht oder von einander entfernt werden und sind mit einer Glocke *v* bedeckt, die mit einer Oeffnung versehen ist, in welche ein Stab geht, an dessen unterem Ende ein Goldblatt, wie das im dritten Apparate befestigt ist und das sich zwischen den beiden Polen befindet. Befindet sich dieses Blatt im neutralen Zustande, so bleibt es im Gleichgewichte; theilt man aber dem Stabe eine von den beiden Elektricitäten mit, so wird das Blatt augenblicklich von dem Pole angezogen, der die entgegensetzte Elektricität besitzt und von dem andern abgestoßen. Dieser Apparat besitzt eine solche Empfindlichkeit, daß, wenn die beiden Säulen gehörig funktioniren, eine mit Tuch geriebene Siegellackstange bei trockner Witterung auf das Blatt in einer Entfernung von zwei bis drei Meter wirkt. Der sechste Apparat Fig. 4 hat den Vorzug, daß er vergleichbare Resultate liefert. Er rührt von Rousseau her. Peltier hat Verbesserungen angebracht, die seine Anwendung leicht machen. Dieser Apparat besteht aus einem Sockel,

auf welchen ein eingetheiltes Zifferblatt aus Pappe geleimt ist. Fünf Centimeter vom Mittelpunkte befindet sich das Ende eines etwas bogenförmig gekrümmten kupfernen Stabes, der bei Null aukommt und sodann fast rechtwinklicht gebogen ist, er geht sodann in den Sockel hinein, von welchem er durch Harz isolirt ist, wie man dies in CD sieht. Das Ende D ist dazu bestimmt, condensirende Platten oder irgend einen anderen Apparat aufzunehmen. An dem untern Ende des Stabes ist eine kleine polirte und ein klein wenig concave stählerne Platte angelötbet, in welche man den Zapfen einer Magnetnadel OE bringt, die vermittelst eines Gegengewichtes p aus Siegellack im Gleichgewichte erhalten wird. Um diesem Apparate eine große Empfindlichkeit zu geben, muß die Nadel aus einem sehr feinen Kupferdrahte bestehen, in deren Schwerpunkt ein Zapfen von gehärtetem Stahle angelöthet ist, der sich in eine außerordentlich feine Spitze endigt. Um ihm eine feste Richtung zu geben, bringt man im Mittelpunkte auf diesem Zapfen einen sehr kleinen Draht von gehärtetem und sehr schwach magnetisch gemachten Stahle an. Die Menge von Magnetismus, die man ihm gibt, ist genau die, welche erforderlich ist, um die Nadel mit dem horizontalen Stabe in Berührung zu bringen. Die bewegliche Nadel darf nicht von Stahl sein, wenn man das Maximum der Empfindlichkeit erhalten will. Der Sockel selbst steht auf einem zweiten Sockel, der in seinem Mittelpunkte mit einem kupfernen Stabe versehen ist und demselben als Zapfen dient. Dieser zweite Sockel hat gleichfalls ein eingetheiltes Zifferblatt, dessen Zeiger unter der Null des ersten Zifblattes befestigt ist. An dem, einen Zapfen bildenden Stabe wird nach Belieben über dem Zifferblatte eine kupferne Platte von der Länge der beweglichen Nadel angebracht und in ihre Höhe gestellt. An dem untern Ende des Zapfens ist ein horizontaler Hebel

unter den Sockeln angeschraubt, womit man die innere Platte bewegt. Indem man ihn beliebig nahe der Zeigernadel bringt, vergrößert man die Empfindlichkeit nach Belieben. Das Ganze ist von einem Glascylinder umgeben, der mit einer Glasplatte bedeckt ist, auf welcher sich ein eingetheilter Kreis befindet, damit der Gesichtsstrahl, der durch die beiden nämlichen Grade geht, keine Parallaxenerscheinungen hervorbringen könne. Um starke Spannungen zu beobachten, muß die Magnetnadel geeignete Dimensionen haben, um einen Magnetismus zu erhalten, der für eine dirigirende Kraft erforderlich ist, um im Stande zu sein, der zu messenden Kraft mehr oder weniger zu widerstehen; der Apparat wird so gestellt, daß sich die bewegliche Nadel, wenn sie den Stab in etwas berührt, in dem magnetischen Meridiane befindet. Will man operiren, so berührt man den Knopf D mit dem elektrisirten Körper und augenblicklich entfernt sich die Nadel von dem Stabe um eine gewisse Anzahl von Graden. Je näher die Armaturen gebracht werden, desto größer ist die Abweichung. Dieser Apparat gibt vergleichbare Resultate und dient als Drehwage, wenn man an einen Metalldraht die Nadel hängt, die mit einer in dem Deckel enthaltenen Flüssigkeit in Verbindung steht.

Alle diese Apparate zeigen das Dasein der Elektricität nur in so weit an, als ihre Spannung hinreichend ist, da sie aber meistentheils sehr schwach ist, so wendet man einen Condensator an, der aus zwei messingnen Platten besteht, die man Condensatoren nennt, und die auf dem Drehstuhle verfertigt wurden, damit ihre Oberflächen so genau als möglich auf einander fallen. Sie werden vergoldet und sodann mit einer dünnen Firnißschichte aus Gummilack, die warm aufgetragen wird, überzogen. Eine von den Platten ist an die Metallstange an der Stelle des Knopfes (Taf. 6, Fig. 3) angeschraubt. Die obere

Platte hat in ihrem Mittelpunkte einen isolirenden Griff, um sie zu behandeln. Die untere Platte heißt Collector, weil sie die Elektricität von der Quelle, der sie entströmt, aufnimmt. Man nimmt den Firniß auf eine kleine Weite von der obern Fläche einer jeden Fläche weg, um die untere Platte mit der Elektricitätsquelle und die obere Platte mit dem gemeinschaftlichen Behälter vermittelst des Fingers in unmittelbare Verbindung zu bringen. Statt der Platten von vergoldetem Kupfer nimmt man lieber Platten von vergoldetem Glase, weil man auf der einen Seite das Glas weit besser zurichtet als das Metall und man auf der andern Seite überzeugt ist, daß, wenn man die eine von den Oberflächen mit einem von einer Säure angefeuchteten Körper berührt, dieser letztere nicht auf das Messing durch die Theile wirken kann, die nicht vollständig vergoldet wären. Der Durchmesser der Platten ist von einem bis zwei Decimetern verschieden.

Der elektroskopische Condensator muß in einen gläsernen Behälter gestellt werden, der mit Chlorkalk oder lebendigem Kalke getrocknet ist, und groß genug ist, damit man ohne Schwierigkeit experimentiren und in denselben die zu den Versuchen erforderlichen Gegenstände bringen kann. Um sich dieses sehr empfindlichen Apparates zu bedienen, darf man nur die untere Platte mit der Quelle, welche die Elektricität liefert, in Verbindung bringen und die obere Platte mit dem angefeuchteten Finger berühren; da die ankommende Elektricität nicht durch die Firnißschichte kann, so zersetzt sie die natürliche Elektricität der oberen Platte, zieht die ungleichnamige an und stößt die andere zurück. Diese Wirkungen dauern fort, bis die Spannung der Elektricität der Quelle derjenigen der freien, auf der oberen Platte nicht verhüllten Elektricität gleich, und zu der Compensirung der Entfernung, welche die beiden Metallflächen

trennt, erforderlich ist. Durch das Wegnehmen der oberen Platte macht man auf der unteren Platte die Elektricität, welche auf derselben verhüllt war, frei und ihre Wirkung zeigt sich augenblicklich auf dem Elektroskope; sind die Finger trocken, so muß man sie anfeuchten, sonst könnte die Condensirung nicht bewerkstelligt werden. Bei den hervorgebrachten Erscheinungen muß man die Reaktion des Wassers, womit die Finger geschwängert sind, auf die Flüssigkeiten in Anschlag bringen, welche durch die Poren der Haut durchsickern; denn diese Reaktion ist eine sehr starke Ursache der Elektricitätsentwicklung.

Von dem elektrischen Multiplikator oder Galvanometer.

Die vorhergehenden Apparate dienen dazu, das Dasein der freien Elektricität auf einem Körper nachzuweisen; wenn aber die Elektricität in Bewegung ist, so muß man andere Apparate, die man Multiplikatoren oder Galvanometer nennt, anwenden, deren Verfertigung auf der Eigenschaft eines elektrischen Stroms beruht, auf eine Magnetnadel auf revolutive Art zu wirken. Nehmen wir an, daß sich die Nadel über einem Kupferdraht befinde und daß man diesen letztern so biege, daß er über dieselbe komme, so wird sie von jeder der Biegungen eine Einwirkung erleiden, welche sie nach der nämlichen Richtung hintreibt, so daß der erhaltene Impuls das Gedoppelte von dem sein wird, den der einfache Draht hervorgebracht haben würde; die Seitentheile des Drahtes werden die nämliche Wirkung ausüben. Fährt man fort, den Draht um sich selbst zu biegen, so vervielfältigt man die Wirkung des Stroms auf die Magnetnadel. Der Draht wird mit Seide umwickelt, um die unmittelbare Mittheilung der Elektricität von einer Windung zur andern zu

verhindern, und um einen messingnen Rahmen gewunden; in dem Innern dieses Rahmens hängt eine Magnetnadel an einem Coconfaden. Die Einrichtung des Multiplikators ist nach der Quelle, welche die Elektricität liefert, verschieden; bald besteht er aus einem kurzen Drahte von einer gewissen Dicke, bald ist der Draht sehr lang und dünn. Der Multiplikator mit kurzem Drahte dient zur Erkennung der durch die Wärme entwickelten Elektricität; der zweite, langdrahtige zu der Elektricität, welche chemischen Ursprungs ist. Wenn die Magnetnadel durch die Einwirkung eines Stromes aus ihrer natürlichen Gleichgewichtslage gebracht ist, so strebt sie wegen der Einwirkung der Erde in die Ebene des magnetischen Meridians zu kommen; eine Einwirkung, die man großentheils dadurch neutralisirt, daß man eine zweite Magnetnadel, die in Beziehung auf Gestalt und Magnetisirung der ersteren so ähnlich als möglich ist, in einer parallelen Richtung mit den ungleichnamigen Polen gegenüber bringt und beide an einem schwachen Metallstäbchen festmacht; die eine der Nadeln befindet sich innerhalb des Rahmens, die andere außerhalb desselben. Dieses System hängt an einem einfachen Seidefaden und man läßt ihm nur die dirigirende Kraft, welche erforderlich ist, damit die Dauer einer Schwingung wenigstens eine Minute anhalte.

Fig. 5 Taf. V. zeigt einen vollständigen Apparat. ABC ist der von dem Kupferdrahte umwickelte Rahmen, dessen Endpunkte an der Metallröhre F F′ auslaufen. Dieser Rahmen ist auf einer horizontalen Platte DE befestigt, die sich vermittelst eines gezahnten, unten angebrachten Getriebrades in ihrer Ebene und um ihren Mittelpunkt drehen läßt, und das durch den Knopf G in Bewegung gesetzt wird. AMN ist die Stütze des astatischen Systems der beiden an einem Coconfaden VL hängenden Magnetnadeln; RS ist der

Glascylinder, der den Apparat bedeckt und auf der Grundfläche KL ruht. Fig. 6 stellt den Schnitt des Apparates nach einer Ebene vor, welche durch den Draht und eine der Verbindungsröhren geht. Das auf dem Rahmen angebrachte Zifferblatt hat in der Mitte eine kleine kreisrunde Oeffnung und eine Querspalte, um die Nadel nach Willkür hinthun und wegnehmen zu können; die drei Schrauben v v′ v″ dienen dazu, die Nadel in den Mittelpunkt zu bringen; tt sind zwei hohle, kupferne Kegel, wohin die beiden Endpunkte des Drahtes des Multiplikators gehen, und in welche man die beiden Leiter bringt, welche die Elektricität fortpflanzen. Will man den Multiplikator versenden, so muß man zuerst die Nadeln herablassen, bis sich die obere auf das Zifferblatt legt, sodann schraubt man die Mutter q auf, nimmt die Glocke ab und bringt, nachdem man auf eine von den Hälften der Magnetnadel, welche zum Index dient, ein breites seidenes Band so gelegt hat, daß die beiden Enden über die Ränder des Metallkreises yz hervorragen, die Glocke und die Mutter wieder an Ort und Stelle; da nun der Coconfaden kein Gewicht mehr trägt, und die Nadeln wegen des Druckes des Bandes beinahe unbeweglich sind, so kann man den Apparat weit versenden, ohne daß man zu besorgen hat, daß er verdorben würde. Der Apparat kann nur in so weit seine Dienste leisten, als man die Dichtheitstabelle gemacht hat, welche das Verhältniß zwischen der Abweichung der Magnetnadel und der Intensität des Stromes, der sie hervorbrachte, angibt.

Es gibt noch einen andern Galvanometer, der sich von dem vorhergehenden nur dadurch unterscheidet, daß er aus zwei gleich dicken und gleich langen Drähten besteht, die auf gleiche Weise mit Seide umsponnen, um den Rahmen des Apparates herumgehen. Gehen durch diese beiden Drähte zwei gleiche

Ströme nach entgegengesetzter Richtung, so bleibt die Magnetnadel in ihrer gewöhnlichen Gleichgewichtslage; zeigt sich aber nur eine geringe Verschiedenheit in den Intensitäten, so gibt die Abweichung das Maß derselben an. Begreiflich ist es, daß man mit diesem Multiplikator, der unter dem Namen Multiplikator mit zwei Drähten bekannt ist, sehr leicht die Intensitätstabelle verfertigen kann. Nehmen wir an, daß man in einen der Drähte einen Strom von einer gewissen Intensität gelangen lasse, so wird die Magnetnadel zum Abweichen gebracht werden. Man bemerkt diese Abweichung, und läßt sodann gleichzeitig einen Strom von gleicher Intensität in den zweiten Draht gehen und erhält eine andere entsprechende Abweichung mit gedoppelter Intensität. Wechselt man mit der Intensität des Stromes ab, so erhält man eine mehr oder minder beträchtliche Zahl von Resultaten, welche auf der einen Seite die Abweichungen der Nadel und auf der andern die entsprechenden Intensitäten angeben. Sodann macht man durch die Interpolirmethode die Intensitätstabelle, die übrigens, wohl verstanden, für jeden Apparat gemacht werden muß, weil die Verhältnisse zwischen den Abweichungen und den Intensitäten des Stromes von der Intensität desselben, von der Verfertigung des Apparates, und von der Magnetisirung der Nadeln abhängen. Will man Ströme beobachten, die von augenblicklichen Entladungen herrühren, wie z. B. die sind, welche man mit der Leydnerflasche oder den elektrischen Fischen erhält, so muß der mit Seide übersponnene Kupferdraht seiner ganzen Länge nach mit Gummilackfirniß überzogen sein, damit die Windungen so gut als möglich isolirt bleiben, denn sonst könnte die Entladung von einer Windung zur andern überspringen. Es ereignet sich häufig, daß, wenn man das System der beiden Nadeln hinreichend astatisch zu machen sucht, man es nur mit großer Mühe dahin bringt. Man kann nach-

folgendes Verfahren anwenden, um diesem Nachtheile abzuhelfen.

Als Melloni mit einem Galvanometer operirte, dessen astatisches System eine solche Empfindlichkeit hatte, daß es sich bei der Einwirkung des schwächsten Stromes in eine mit dem Drahte senkrechte Richtung stellte, so brachte er, um diesem Nachtheile abzuhelfen, eine horizontale Magnetstange in die Ebene der beiden Nadeln und genau in die Richtung der Zwischenlinie: sie befand sich also von den beiden conjugirten Polen gleichweit entfernt; das astatische System behielt seinen Zustand des Gleichgewichts. Wurde aber die Magnetstange immer in der Ebene der Nadeln über oder unter die Zwischenlinie gebracht, so wurden die Schwingungen schneller: da man nun die Lage der Stange mit einer außerordentlichen Langsamkeit verändern konnte, so brachte man es dahin, dem Systeme die verlangte Empfindlichkeit zu geben. Dieses Princip dient auch dazu, die Compensirung eines Nadelpaares von sehr ungleicher magnetischer Kraft zu erhalten. Melloni fand auch wirklich, daß es möglich sei, die zu lebhafte und so zu sagen unbestimmte Wirkung zu mäßigen; denn wenn man eine hinreichend kräftige Stange nimmt und sie den Nadeln sehr nahe bringt, so treibt man die Operation so weit als möglich; die Vervollkommnung hat aber eine Gränze, welche von dem unveränderlichen Compensirungsgrade, den die Systeme besitzen, abhängt.

Die so eben angegebene Methode läßt sich aber nur bei einem Galvanometer mit einer einzigen Nadel anwenden. Wenn die vermittelst der Stange erhaltene Compensation auf einen gewissen Grad kommt, so hält der Zeiger nicht mehr Null und die Nadel nimmt alsdann verschiedene Gleichgewichtslagen an, worin sie bleibt, obgleich man den Rahmen um eine gewisse Anzahl von Graden dreht: in diesem Falle werden die Mittelpunkte der latenten At-

traktion, welche in dem Metalldrahte vorhanden sind, wahrnehmbar. Es ist räthlich, der compensirenden Stange ungefähr zwei Decimeter Länge und 5 bis 6 Millimeter im Durchmesser zu geben. Melloni wendet dieses Verfahren bei Versuchen an, die sich auf die strahlende Wärme beziehen und ist der Meinung, daß in diesem Falle der Thermo-Multiplikator vor jeder andern Art von thermoskopischen Instrumenten wegen der Empfindlichkeit, Schnelligkeit und Deutlichkeit der Angaben den Vorzug verdiene; er räth aber nicht an, den auf seinen höchsten Grad von Feinheit gebrachten Thermo-Multiplikator beständig anzuwenden. Es ist vielmehr die Empfindlichkeit schädlich, weil die Zeit, welche die Nadeln brauchen, um zur Null zurückzukehren, wenn man die Wirkung der Wärme auf die thermo-elektrische Säule unterdrückt, mit der astatischen Empfindlichkeit des Systemes zunimmt. Wenn man in diesem Falle einen zu empfindlichen Galvanometer hat, so wird es vortheilhaft, sich von dem Ueberschusse der Empfindlichkeit zu befreien, welche auf eine unnütze Weise den Gang der experimentalen Demonstrationen aufhalten und sie oft weniger bündig machen würde.

Rumkorff hat eine andere Einrichtung getroffen. Er nimmt zwei kleine Magnetstäbe, welche ungefähr 8 Centimeter lang und um eine Achse beweglich sind, die sich im Mittelpunkte eines eingetheilten Kreisbogens befinden; die ungleichnamigen Pole liegen einander gegenüber, so daß, wenn die beiden Stäbe vertikal sind, ihre Wirkung in einiger Entfernung in Beziehung auf die unten liegenden Punkte Null ist. Man bringt diesen kleinen Apparat über dem Multiplikator auf die Glasplatte, womit er sich endigt, so daß, da die Stäbe senkrecht sind, ihre Verbindungslinie mit der Aufhängachse zusammenfällt und ihre Ebene unmittelbar die der Nadeln deckt. Man richtet es so ein, daß die Pole der beiden Magnetstäbe den un=

gleichnamigen Polen oder nach Umständen den gleichnamigen der oberen Nadel gegenüber stehen. Dadurch, daß man den Stäben eine größere oder geringere Entfernung gibt, wird die Empfindlichkeit des Apparates mehr oder weniger vermehrt.

Der Multiplikator, der dazu dient, die elektrochemischen Strömungen zu erkennen, hat einen langen Draht, d. h. die Zahl der Windungen des Drahtes beträgt mehrere Tausende. Diese Zahl darf nur zwanzig bis vierzig für die thermo-elektrischen Multiplikatoren betragen; in diesem Falle ist der Draht dicker als in dem andern. Es ist unerläßlich, daß man Apparate zu seiner Verfügung habe, die dazu taugen, Ströme von einer gewissen Intensität zu vergleichen. Zu diesem Ende wendet man zwei Arten von Boussolen an; die eine heißt Tangentenboussole, die andere, welche von de la Rive zuerst beschrieben wurde, wird Sinusboussole genannt. Die erstere wird von Pouillet zu Messung sehr kräftiger Ströme, die zweite zu Messung von Strömen von geringerer Intensität angewandt.

Die Tangentenboussole (Taf. VI. Fig. 7) besteht aus einem großen Kreise von 4—5 Decimeter im Durchmesser, und ist aus einem Kupferbande gebildet, das 5 Millimeter breit und 2 Millimeter dick ist; dieses Band ist mit Seide überzogen und jeder seiner gehörig umgebogenen Endpunkte taucht in ein mit Quecksilber angefülltes Schälchen ein. Der Kreis des Stromes steht senkrecht auf einem andern eingetheilten horizontalen Kreise, durch den eine Compaßnadel geht, die an einer Vereinigung von ungedrehten Seidefäden in dem Inneren einer Glocke hängt. Der Mittelpunkt der Nadel ist der nämliche mit dem des Kreises des Stromes, wenn die Länge der Nadel in Beziehung auf den Radius des Kreises klein ist; die Intensität des Stromes wird durch die Tangente der Abweichung gemessen.

Die Sinusboussole (Fig. 8) besteht aus einem Rechtecke, das von einem inwendig rothen Kupferbande gebildet wird, gegen dessen Mitte hin sich eine Magnetnadel mit einer Kappe aus Agat befindet und die sich auf einem Zapfen von sehr feinem Stahle bewegt. Dieses Rechteck befindet sich auf einer Alidade, die sich über einem eingetheilten Kreise so bewegt, daß der Zapfen der Nadel immer in der Drehungsachse liegt. Die beiden Enden des Bandes liegen so, daß sie mit der Elektricitätsquelle in Verbindung gebracht werden. Das Rechteck muß in den magnetischen Meridian gebracht werden; ist die Magnetnadel um eine gewisse Anzahl von Graden abgewichen, so bewegt man das Rechteck so, daß man es in die senkrechte Ebene der Nadel bringt. In diesem Falle ist die Intensität des Stroms dem Sinus der Abweichung proportional. Wir haben jetzt alle Mittel, worüber die Physik verfügen kann, um die Entwicklung der Elektricität in allen Umständen, wo sie vorkommen kann, vollständig zu studiren.

Drittes Kapitel.

Von der Entwicklung der Elektricität bei mechanischen Wirkungen.

Von den elektrischen Erscheinungen bei der Spaltung und dem Drucke.

Der Zweck, den man sich bei den Versuchen vornimmt, welche auf die Elektricitätsentwicklung Bezug haben, besteht darin, alle Ursachen aufzusuchen, durch welche der Gleichgewichtszustand der beiden Elektricitäten in den Körpern gestört wird. Diese Frage knüpft sich an das Studium der Molekularerscheinungen, was wir zu zeigen Gelegenheit haben werden. Daher ist ihre Lösung für die physiko-chemischen Wis-

senschaften von der höchsten Wichtigkeit. Bei der Entwicklung der Elektricität ist die von jedem der beiden Fluida enthaltene Menge um so beträchtlicher, je vorsichtiger man gewesen ist, sich ihrer Wiedervereinigung im Contakte zu widersetzen; demzufolge muß man, je bessere Leiter die Körper sind, aus welchen die beiden Elektricitäten entweichen, desto größere Hindernisse ihrer Wiedervereinigung entgegenstellen. Darin besteht die Kunst des Experimentators, und troß den Bemühungen, welche seit zwanzig Jahren zu ihrer Vervollkommnung angestellt wurden, kann man doch nur eine sehr schwache Menge der beiden Elektricitäten sammeln, die in dem Augenblicke frei wurden, wo ihr Gleichgewicht aufgehoben wurde. Man kann von jetzt an als Grundsatz aufstellen, mag auch die angewandte Wirkungsweise sein, welche sie will, daß, wenn die Zersetzung der natürlichen Flüssigkeit schneller als ihre Wiedervereinigung vor sich geht, die Spannung der beiden frei gewordenen Flüssigkeiten zunimmt, bis ein Gleichgewicht zwischen der Zersetzung und der Wiedervereinigung stattfindet.

Abgesehen von dem wissenschaftlichen Zwecke, den man sich vornimmt, wenn man die Entwicklung der Elektricität studirt, gibt es noch einen andern, sehr wichtigen, den man gleichfalls nicht aus dem Auge verlieren darf. Da nämlich das elektrische Fluidum ein äußerst wirksames Agens nicht bloß als chemische, sondern auch als mechanische Kraft ist, so muß man sich darauf legen, die wirksamsten Mittel aufzusuchen, die größte Menge davon zu sammeln. Diese Frage gehört in die nämliche Klasse mit der, welche die Hervorbringung und die Anwendung der Wärme in den Künsten betrifft; denn man sucht die besten und ersparendsten Brennmaterialien, sowie das am wenigsten kostspielige Verfahren, um den größten Theil der Wärme, die bei dem Verbrennen frei wird, zu

sammeln. Dies ist der Gesichtspunkt, aus welchem wir seit langer Zeit die Frage der Elektricitätsentwicklung ins Auge fassen.

Ehemals betrachtete man die Elektricität als eine einzelne Erscheinung, die sich mit keiner andern verknüpfe und bloß eine Eigenschaft der Materie zu erkennen gebe. Fabroni und nach ihm Davy suchten zuerst zu beweisen, daß diese Entwicklung mit den Verwandtschaften in Beziehung stehe, die sich bei dem Contakte der Körper äußern. Seitdem ist die Entwicklung der Elektricität besonders in ihren Beziehungen zu den chemischen Wirkungen untersucht worden; das Resultat davon war, daß man das Dasein der Elektricität in einer Menge von Fällen wahrnahm, wo man sie in früherer Zeit nicht einmal vermuthete. Wer in unsern Tagen eine elektro-chemische Theorie begründen will, muß damit anfangen, die Erscheinungen, welche auf die Entwicklung der Elektricität, besonders bei chemischen Wirkungen, Bezug haben, gründlich zu studiren, wenn er nicht Gefahr laufen will, sie auf nicht sehr dauerhaftem Grunde zu erbauen.

Wenn irgend eine Substanz, z. B. ein Salz, in einer Flüssigkeit aufgelöst und diese letztere nach und nach weggeschafft wird, so sind die Moleküle in dem Verhältnisse, als sie sich einander nähern, mehr der Aggregationskraft, d. h. der Kraft unterworfen, welche unter den ähnlichen Molekülen wirkt; obschon aber die Moleküle ähnlich sind, so ist darum noch nicht gesagt, daß jedes derselben in allen seinen Theilen identisch sei; denn wenn dem so wäre, so sähe man nicht ein, wie die Aggregationskraft zwischen Theilen mit durchaus ähnlichen Eigenschaften eine Wirkung ausüben könne. Man ist also zu der Annahme gezwungen, daß jedes Molekül wenigstens zwei Flächen mit verschiedenen Eigenschaften besitze, und daß die Vereinigung zweier, an einander liegender Moleküle

nach zwei nicht ähnlichen Flächen vor sich gehen müsse. Wir wollen jetzt sehen, ob man durch das Trennen zweier anstoßender, ähnlich liegender Moleküle keine elektrische Erscheinungen hervorbringen könne, die im Stande wären, uns über die Dazwischenkunft der Elektricität bei der Molekularattraktion aufzuklären. Zu diesem Ende wollen wir nach der Reihe das untersuchen, was bei dem Spalten, dem Drucke und der schnellen Trennung zweier Glasscheiben, die man unter sich adhäriren ließ, vorgeht.

Wenn man im Dunkeln eine Glimmerlamelle schnell spaltet, so bemerkt man immer einen schwachen phosphorischen Schimmer, dessen Grund ein Geheimniß blieb, bis man den Versuch anstellte, daß man eine isolirende Stange an jeder der entgegengesetzten Flächen der Lamelle befestigte, um sie trennen und einem Mikroskope vorhalten zu können. Man findet alsdann, daß jede der getrennten Flächen einen Ueberschuß von ungleichnamiger Elektricität besitze, deren Intensität um so größer ist, je schneller die Trennung vor sich geht. Da diese Erscheinung immer stattfindet, die Glimmerlamelle mag auch noch so dünn sein, so darf man daraus den Schluß machen, daß sie sogar auch an der Gränze, das heißt da vorkommen würde, wenn es möglich wäre, zwei Moleküle von einander zu trennen. Diese Thatsachen beweisen Folgendes:

1) Die Moleküle besitzen wenigstens zwei Flächen mit verschiedenen Eigenschaften; denn sonst sieht man nicht ein, warum eine von den Lamellen eine Elektricität und die andere die entgegengesetzte Elektricität gibt; 2) jede dieser Flächen zeigt eine elektrische Polarität in dem Augenblicke, wo man die Aggregationskraft vernichtet. Die chemischen Wirkungen führen, wie wir beweisen werden, zu denselben Folgerungen.

Der Glimmer ist nicht die einzige Substanz, welche die elektrische Eigenschaft beim Spalten besitzt; wir

finden sie in dem Blätterkalk vom St. Gotthard wieder, so wie in allen krystallisirten Substanzen, welche zu den schlechten oder mittelmäßigen Leitern gehören. Man kann also als Princip aufstellen, daß, so oft man zwei Moleküle im Contakte trennt, jedes derselben einen Ueberschuß von ungleichnamiger Elektricität mitnimmt, wofern jedoch die Körper, zu welchen sie gehören, keine so gute Leiter sind, daß die Wiedervereinigung der beiden frei gewordenen Elektricitäten unmittelbar auf ihre Trennung folgt.

Um bei diesen Versuchen seinen Zweck zu erreichen, muß man von den Krystallen die Schichte hygrometrischen Wassers, welche ihrer Oberfläche gewöhnlich anhängt, wegschaffen und die getrennten Theile schnell in das Coulombsche Elektroskop bringen.

Von zwei, von dem nämlichen Krystalle abgelösten, einander näher gebrachten Glimmerlamellen, die etwas an einander gedrückt werden, damit sie an einander hängen bleiben, hat jede nach dem Zusammendrücken den elektrischen Zustand, den sie im Augenblicke des Spaltens hatte. Die Erscheinung ist besonders auffallend, wenn man die Temperatur derjenigen von den Platten in etwas erhöht, welche von der Spaltung her sich in dem negativen Zustande befindet.

Es ist jetzt leicht erklärlich, warum man, wenn man in einem Mörser von Agat Krystalle von Substanzen, welche die Elektricität schlecht leiten, zerreibt, keine freie Elektricität sammeln könne, denn es findet unmittelbare Wiedervereinigung der beiden ungleichnamigen Elektricitäten, die auf zwei aneinanderliegenden Lamellen frei wurden, Statt. Aus dem nämlichen Grunde erhält man keine elektrische Erscheinung, wenn man Körper zerbricht, welche unregelmäßig krystallisirt oder aus verworren gruppirten Theilen gebildet sind, wie Glasröhren, Siegellackstangen u. s. w. Eben so ist es begreiflich, warum man keine Spur

von freier Elektricität bei dem Spalten eines Krystalls, der ein Leiter der Elektricität ist, wie z. B. bei dem Bleiglanze, den Pyriten und andern, bemerkt, weil die Trennungsgeschwindigkeit nie groß genug sein kann, um die Wiedervereinigung der beiden Elektricitäten im Augenblicke ihrer Trennung zu verhindern. In Ermanglung der freien Elektricität könnte man das Dasein dieses Agens vermittelst der Erscheinungen der Elektricität in Bewegung nachweisen: zu diesem Ende müßte der Krystall an zwei Punkten mit den Enden des Galvanometerdrahtes in Verbindung gebracht werden. Es ist höchst wahrscheinlich, daß bei einer raschen Spaltung des Krystalls, die beiden Elektricitäten, welche von der Zerstörung der Molekularattraktion herrühren, indem sie, um sich wieder zu vereinigen, dem Drahte folgen, einen Strom hervorbringen würden, der auf die Magnetnadel reagiren würde.

Wir wollen zu den elektrischen Erscheinungen übergehen, die von der Aufhebung der Molekularattraktion zwischen zwei heterogenen Substanzen hervorgebracht werden. Wenn man in ein konisches, vorläufig erwärmtes Glas geschmolzenen Schwefel gießt und man vor seinem Erkalten eine gläserne Röhre hineintaucht, um den Schwefel aus dem Glase heraus zu holen, so findet man nach dem Festwerden, daß, wenn man den Schwefelkegel wegnimmt, das Glas einen Ueberschuß von negativer Elektricität, und der Schwefel einen Ueberschuß von der entgegengesetzten Elektricität besitze. Die Chocolade, die Phosphorsäure geben nach ihrem Gestehen in einem Glase ähnliche Erscheinungen, so wie das Quecksilberchlorür, wenn man, nach seiner Sublimirung in dem Halse eines Kolben, rasch einige Theile mit einer isolirenden Röhre absondert, an deren Ende sich ein wenig weiches Wachs befindet. Es unterliegt keinem Zweifel, daß bei diesen Versuchen die Erscheinung von

der Vernichtung der Attraktion herrühre, welche die Moleküle der beiden aneinanderhängenden Flächen ausüben. Man ist geneigt, zu glauben, daß, wenn sich der Schwefel an das Glas anhängt, gleichfalls Erzeugung elektrischer Erscheinungen stattfinde, die man vermittelst des Versuchs nicht erkennen kann, die aber in umgekehrter Richtung mit den vorhergehenden sein müssen.

Wir sind auf ganz natürliche Weise dahin geführt, von der Entwicklung der Elektricität durch Druck, d. h. von den elektrischen Erscheinungen zu sprechen, welche stattfinden, wenn man zwei Körper so an einander drückt, daß sie bisweilen aneinander hängen.

Libes hat zuerst beobachtet, daß, wenn man auf eine hölzerne Scheibe, die mit Taffet, der mit einer Schichte elastischen Harzes bestrichen ist, überzogen ist, eine messingene Scheibe, die an einen gläsernen Stiel befestigt ist, mit der Vorsicht legt, daß man sie keine Reibung erleiden läßt und man den gummirten Taffet leicht drückt, die Metallscheibe einen ziemlich beträchtlichen Ueberschuß von negativer Elektricität annehme: die Erscheinungen sind umgekehrt, wenn man mit Reiben drückt; Scheiben von Silber, Zink u. s. w. haben ähnliche Resultate gegeben. Diese Verschiedenheit zwischen den Erscheinungen des Druckes und denen der Reibung gehört zu den auffallendsten und hat bis jetzt nicht erklärt werden können.

Später fand Hauy, daß ein Krystall von isländischem Spathe und einige andere mineralische Substanzen die Eigenschaft besitzen, durch den bloßen Druck der Finger elektrisch zu werden; diese Eigenschaft ist aber nicht so beschränkt, als er meinte, denn sie gehört allen Körpern, sogar auch denen an, welche Leiter sind, wenn sie nur isolirt werden. Um diese Thatsache augenscheinlich zu machen, so bildet man aus den Substanzen, welche man probiren will,

Scheiben, welche einige Millimeter dick sind, und die man an vollkommen isolirende Stiele paßt; man nimmt in jede Hand einen Stiel und drückt die Scheiben aneinander; nachdem man sie aus ihrem Contakte gebracht hat, so hält man sie an die Lahnscheibe des vorläufig elektrisirten Coulomb'schen Elektroskops; man findet nun, daß jeder der beiden Körper eine entgegengesetzte Elektricität besitzt, wofern nur der Körper ein schlechter Leiter ist: werden Kork und Kautschuk aneinander gedrückt, so gibt der erstere positive, der zweite negative Elektricität.

Die krystallisirten mineralischen Substanzen mit einem glasartigen Aussehen, wie der schwefelsaure, fluorsaure Kalk, der schwefelsaure Baryt nehmen die positive Elektricität an, wenn sie mit der Korkscheibe gedrückt werden. Früchte, wie die Orange, theilen ihr dagegen, wenn sie von einer gleichartigen Scheibe zusammengedrückt werden, einen Ueberschuß von positiver Elektricität mit; in dem Verhältnisse, als die Frucht vertrocknet, und von ihrer Elasticität verliert, vermindert sich die Fähigkeit, elektrisch zu werden. Mehrere Ursachen zwecken dahin ab, die Entwicklung der Elektricität durch Druck zu modifiziren: die erste ist die größere oder geringere Leitbarkeit der Körper. Wenn man z. B. eine Scheibe von Hollundermark und eine Scheibe von Metall nimmt, so zeigt sich keine Wirkung, und es verhält sich ebenso jedesmal, wenn gedrückte Substanzen die Elektricität leiten. Es scheint, daß sich in dem Augenblicke, wo man den Druck ausübt, ein neuer Gleichgewichtszustand zwischen den beiden Fluida bilde, woraus die natürliche Flüssigkeit der Moleküle im Contakt besteht: so lang als der Druck dauert, werden diese beiden Fluida von einander neutralisirt; auf diese Weise finden sie trotz ihrer gegenseitigen Anziehung, trotz ihrem Streben, von dem einen Körper in den andern überzugehen, in dem Drucke eine Kraft, welche

diese beiden Wirkungen neutralisirt. Wenn die Körper gute Leiter sind, so verbinden sich, so wie eine Verringerung des Druckes stattfindet, die beiden Flüssigkeiten augenblicklich wieder mit einander, mag auch die Trennungsgeschwindigkeit sein, welche sie will; während eine Verminderung des Druckes, wenn einer von ihnen kein guter Leiter ist, nicht unmittelbar die Wiedervereinignng der beiden Elektricitäten mit sich führt, welche nach dem Grade der Leitungsfähigkeit der beiden gedrückten Körper eine mehr oder minder lange Zeit zu ihrer Bewerkstelligung braucht. Der folgende Versuch macht den Einfluß der Trennungsgeschwindigkeit bei den elektrischen Erscheinungen des Druckes augenscheinlich:

Man drücke eine Scheibe von Kork auf eine Orange und ziehe sie sodann schnell hinweg; sie wird einen ziemlich beträchtlichen Ueberschuß von positiver Elektricität mit sich nehmen; wenn man sie aber nur langsam wegnimmt, so findet man, daß sich dieser Ueberschuß vermindert, und ist die Trennungsgeschwindigkeit sehr langsam, so wird sie kaum merklich.

Die Wärme modifizirt die Erscheinungen des Druckes. Nimmt man einen ganz trockenen Korkstöpsel und zerschneidet man ihn mit einem scharfen Instrumente in zwei Hälften, und drückt die beiden getrennten Theile an einander, so nimmt gewöhnlich jeder einen Ueberschuß von ungleichnamiger Elektricität an; es ereignet sich aber auch oft, daß sie nicht elektrisirt sind. Wenn man die Temperatur der einen von den beiden Scheiben um einige Grade erhöht, während die der andern constant bleibt, so findet man, daß der erwärmte Theil dem andern die negative Elektricität nimmt. Zwei Stücke isländischen Spaths werden bei derselben Temperatur durch Druck nicht elektrisch; es bedarf aber nur einer sehr kleinen Differenz, um ihnen diese Fähigkeit zu verleihen. Bei gleicher Temperatur verdanken die beiden Kork-

scheiben ihre elektrische Druckfähigkeiten nur einer Verschiedenheit in dem Zustande ihrer Oberfläche; diejenige, welche die meisten Unebenheiten hat, nimmt immer der andern die negative Elektricität. Die Beschaffenheit der Oberfläche bei den schlecht leitenden Körpern äußert auch auf ihre leitende Eigenschaft einen Einfluß, denn der isländische Spath, der unter die schlechtesten Leiter gezählt wird (weil er ganze Wochen lang die ihm mitgetheilte Elektricität behält) wird ein hinlänglich guter Leiter, wenn man ihm seinen Glanz entzieht, so daß man ihn isoliren muß, wenn er seine Elektricität behalten soll. Die Unebenheiten bestimmen also nicht bloß die Art der Elektricität, die ein schlecht leitender Körper annehmen soll, sondern sie modifiziren auch noch sein Leitungsvermögen.

Um die elektrischen Druckerscheinungen zu messen, ist ein Apparat erforderlich, der es möglich macht, nach Belieben die Ursachen zu verändern, welche auf ihr Hervorbringen einen Einfluß äußern. Der Versuch beweist, daß die elektrischen Intensitäten bei Pressungen, die nicht 10 Kilogramme übersteigen, proportional mit dem Drucke wachsen. Erstreckt sich dieses Gesetz auf einen höheren Druck? Diese Frage ist schwer zu beantworten. Peclet hat in dieser Beziehung einige Forschungen angestellt, vorzüglich in der Absicht, den Einfluß des Drucks, der Geschwindigkeit u. s. w. auf die Entwicklung der Elektricität bei dem Reiben zu bestimmen; die von ihm erhaltenen Resultate können aber in keiner Beziehung auf den vorliegenden Fall angewandt werden; wir werden übrigens davon sprechen, wenn wir die elektrischen Erscheinungen durch Reiben abhandeln. Wir wollen bloß bemerken, daß es wahrscheinlich sei, daß die Elektricitätsmenge, welche jeder Körper während des Zusammenpressens annimmt, von dem Grade der Anziehung abhängt, welche die Moleküle der Ober-

fläche aufeinander ausüben; da man aber die Verhältnisse, welche zwischen der Anziehung und dem Drucke oder der mehr oder minder großen Annäherung der Moleküle bestehen, nicht ermitteln kann, so ist es unmöglich, die Verhältnisse zwischen den entsprechenden Elektricitätsmengen zu bestimmen. Die Schwierigkeit, die beiden zusammengedrückten Körper, ohne durch zwischen= oder aufeinander folgenden Druck überzugehen, augenblicklich zu trennen, macht so zu sagen die Bestimmung der fraglichen Verhältnisse unmöglich.

Man wäre vielleicht geneigt, zu glauben, daß die bei dem Drucke entwickelte Wärme die Ursache der Elektricitätsentwicklung sei; der folgende Versuch beweist das Gegentheil, während er zu gleicher Zeit den Einfluß der Annäherung der Moleküle zu Vermehrung der Elektricitätsentwicklung darthut, wenn man die Körper trennt. Wenn sich zwei Körper unter der Einwirkung eines gewissen Druckes befinden und man diesen um die Hälfte vermindert, so dauert die Wirkung des verlorenen Druckes eine Zeit lang fort, deren Dauer von dem Grade der Leitungsfähigkeit abhängt, so daß, wenn man unmittelbar diese Körper aus dem Drucke wegnimmt, jeder derselben einen Ueberschuß von entgegengesetzter Elektricität mitnimmt, der größer ist als der, welcher von dem übrig bleibenden Drucke herrührt. Anstatt jetzt die Körper zu trennen, wenn der Druck vermindert worden ist, gibt man den wieder zurück, welcher weggenommen worden war und wiederholt mehrere Male diese Verfahrungsweise. Eine Lamelle isländscher Spath und eine sehr dünne Korkscheibe geben zum Beispiele folgende Resultate: Da sich diese beiden Körper anfänglich unter dem Drucke von 4 Kilogrammen befanden, so hat man diesen auf die Hälfte reducirt, ohne den Contakt zu stören und eine Minute nachher hat man sie getrennt. Die

elektrische Spannung einer jeden Scheibe wurde durch 170 dargestellt; wenn die Trennung während des Drucks von 4 Kilogrammen stattgefunden hätte, so wäre die Spannung 250 gewesen und während des Drucks von 4 Kilogrammen 125, die Hälfte des vorhergehenden; man sieht also, daß in dem ersten Falle die durch den Druck hervorgebrachte Wirkung, welche verloren worden war, zum Theile noch besteht. Anstatt die Körper zu trennen, wenn man den Druck von 4 auf 2 beschränkt, gibt man ihnen den weggenommenen Druck wieder, und wiederholt mehreremale dieses abwechselnde Spiel von einfachem und gedoppeltem Drucke. Man findet nun endlich, daß die Korkscheibe nie mehr als die Intensität 250 in Beziehung auf den ersten Druck besitze.

Darf man bei Erwägung der Art und Weise, wie die Elektricitätsentwicklung bei den Körpern durch verstärkten Druck zunimmt, nicht gewisse Lichterscheinungen damit in Verbindung bringen, deren Entstehen man noch nicht hinlänglich kennt? Man sagt zum Beispiele, daß es sich in den Polarmeeren oft ereigne, daß Eisblöcke bei ihrem Aneinanderstoßen, Lichtblitze zeigen. Diese ungeheuren Massen stoßen mit beträchtlichen Geschwindigkeiten an einander; ihre constituirenden Theile müssen demnach eine ungeheure Zusammendrückung erleiden, die sie in einen verschiedenen elektrischen Zustand versetzt; sobald aber die Zusammendrückung aufgehört hat, so verbinden sich die beiden Elektricitäten wieder mit einander, um ein neutrales Fluidum zu bilden, und es entsteht daraus nach der Spannung der entwickelten Elektricität ein mehr oder minder lebhaftes Licht.

Von der Entwicklung der Elektricität durch Reiben.

Um die Wirkungen der Entwicklung der Elektri-

cität durch Reiben gut zu studiren, wollen wir bei den Metallen anfangen, bei welchen die Wirkungen nicht so veränderlich sind, wie bei den schlecht leitenden Körpern, wenn unbedeutende Verschiedenheiten in dem Zustande ihrer Oberfläche vorkommen.

Wenn man an jedes von den beiden Enden eines kurzdrahtigen Multiplikators eine Platte von verschiedenem Metalle anlöthet und jedes Ende in einen ausgehölten Korkstöpsel so bringt, daß er die Löthung so wie einen Theil der Platte inwendig einfaßt und diese auf dem Pfropfe verkittet, um sie nicht durch die Berührung mit der Hand zu erwärmen und man die beiden Platten auf einander legt, so zeigt sich bei gleicher Temperatur keine Erscheinung, so wie man sie aber nur ein wenig mit schwacher Reibung über einander gleiten läßt, so nimmt jede derselben einen Ueberschuß von entgegengesetzter Elektricität an, deren Wiedervereinigung durch Vermittlung des Drahts des Multiplikators einen elektrischen Strom erzeugt.

Wenn man auf diese Weise eine gewisse Anzahl Metallplatten dem Versuche unterwirft, so verfertigt man die folgende Tabelle, in welcher jedes Metall in Beziehung auf die nachfolgenden negativ und in Beziehung auf die vorangehenden positiv ist:

Wismuth,	Silber,
Palladium,	Iridium,
Platin,	Zink,
Blei,	Eisen,
Zinn,	Cadmium,
Nickel,	Arsen,
Kobalt,	Antimon,
Kupfer,	Anthracit,
Gold,	Mangansuperoxyd.

Man sieht, daß die meisten Metalle, welche fast die nämlichen physischen und chemischen Eigenschaften besitzen, oder die in der Natur mit einander verbun-

den sind, neben einander stehen; wir führen das Palladium und das Platin, das Blei und das Zinn, Nickel und Kobalt, das Kupfer, das Gold und das Silber, das Zink, das Eisen und das Cadmium an, das Iridium macht eine Ausnahme. Diese Zusammenstellung ist nicht ohne Interesse, weil sie, wie man bereits behauptet hat, zu zeigen sucht, daß die elektrischen Eigenschaften der Körper in mehr oder weniger unmittelbaren Beziehungen zu ihren physischen oder chemischen Eigenschaften stehen. Man wird später sehen, daß diese Ordnung die nämliche ist, wie die, welche man mit Ketten erhält, die aus zwei ähnlichen Metallen bestehen, wenn man die Temperatur der Verbindungspunkte erhöht. Wir wollen untersuchen, welchen Antheil die Wärme bei dem Reiben hat. Die Erscheinungen, welche dieselben bleiben, wenn die Flächen ihres Glanzes beraubt sind, müssen demnach von der eigenthümlichen Natur eines jeden Metalls abhängen.

Wir wollen, anstatt der Platten, mit eisernen und kupfernen Cylindern, die einen Decimeter lang sind, so operiren, daß die nämlichen Punkte des einen von ihnen beständig über die Oberfläche des zweiten hingehen, und dennoch wird das Resultat das nämliche sein, wie wenn das Umgekehrte stattgefunden hätte. Dieser Versuch beweist, daß die größere oder geringere Reibung und demnach die mehr oder weniger frei gewordene Wärme keinen Einfluß auf die Art der Elektricität, die jeder Körper annimmt, ausübe. Wir wollen die hervorgebrachten Erscheinungen deutlich zu machen suchen. Man nehme zwei Platten, die eine von Wismuth, die andere von Antimon und löthe jede an eines von den Enden eines Multiplikatordrahtes; reibt man sie an einander so findet Elektricitätsentwicklung Statt. Die beiden freigewordenen Elektricitäten verbinden sich zum Theile auf der Berührungsfläche selbst, zum Theile, in-

dem sie dem Drahte des Multiplikators folgen, sogleich wieder, so daß die Magnetnadel nur eine sehr geringe Menge der frei gewordenen Elektricitäten anzeigt. Um ein Maximum der Wirkung zu bekommen; muß man mit Beibehaltung des Contakts, die geriebenen Theile schnell trennen; begreiflich erleidet ein Theil der beiden Elektricitäten eine um so geringere Schwierigkeit, der Kette des Multiplikators zu seiner Wiedervereinigung zu folgen, je größer die Entfernung ist, welche die geriebenen Theile trennt, d. h. je schneller die Reibung vor sich ging. Der folgende Versuch unterstützt diese Erklärung. Wenn man, anstatt die beiden Platten mit Reibung über einander hinzuführen, dieselben drückt oder stark schlägt, aber so, daß man eine Reibung zur Seite vermeidet, so entsteht kein Strom und demnach keine wahrnehmbare Elektricitätsentwicklung, obgleich die Oberflächen stärker erschüttert werden, als wenn man zwei Platten leicht auf einander reibt. Die auf jeder Platte entwickelte Elektricität muß also, da die nämlichen Punkte der Oberfläche immer im Contakte bleiben, zu ihrer Wiedervereinigung nicht mehr nöthig haben, dem Drahte des Multiplikators zu folgen, und die Wiedervereinigung muß augenblicklich in dem Contakte der gedrückten Theile selbst bewerkstelligt werden.

Wenn man elektrische Erscheinungen bei dem Reiben zweier heterogenen Metalle erhält, so findet man sie auch wieder bei dem Reiben zweier Moleküle, welche durch die Aggregationskraft unter sich verbunden sind. Peltier beweist dies folgendermaßen: man nimmt einen unausgeglühten Kupferdraht von zwanzig Meter in der Länge und bringt ihn mit einem thermo-elektrischen Multiplikator in Verbindung; sodann bildet man einen großen Kreis, der von Weite zu Weite unterstützt wird; man bringt ihn abwechselnd in den magnetischen Meridian, in eine senk-

rechte Ebene, oder in eine Zwischenlage, um den induktiven Theil der Erdkugel zu bilden. Ist das Gleichgewicht der Temperatur festgestellt, so biegt man einen Theil des Drahtes höher oder niederer; es entstehen alsdann Biegungen, welche ohne eine Verrückung der Theilchen und demnach ohne Elektricitätsentwicklung nicht stattfinden können. Bisweilen ereignet es sich, daß keine Erscheinung stattfindet, weil auf jeder Seite des Theiles, den man gekrümmt hat, alles symmetrisch ist; man darf aber alsdann nur einen Theil des Bogens vermittelst der Drehung oder des Schlages dicht machen oder ihn ausglühen, um sogleich durch die einfache Biegung des Drahtes einen Strom hervorzubringen. Dieser Strom kann nicht der Induktion der Erde zugeschrieben werden, weil er sich zeigt, die Lage der Kette mag in Beziehung auf den magnetischen Meridian sein, welche sie will.

Man erhält ferner einen Strom, wenn man einen Draht mit den Fingern oder mit Tuch reibt; man bringt ihn gleichfalls hervor, wenn man einen ausgeglühten Kupferdraht, dessen beide Ende mit einem Multiplikator in Verbindung stehen, durch das Zieheisen zieht.

Um diese Phänomene zu begreifen, muß man sich der elektrischen Erscheinungen beim Spalten erinnern. Wir haben gezeigt, daß bei Aufhebung der Aggregationskraft jeder der getrennten Theile einen Ueberschuß von entgegengesetzter Elektricität besitze, deren Natur von der Art der Polarität abhänge, welche die Oberfläche des Moleküls im Contakte mit der des andern besitze, mit der Annahme jedoch, daß, wie Alles zu glauben veranlaßt, nicht alle Flächen des nämlichen Moleküls die gleichen Eigenschaften besitzen; denn wenn dem nicht so wäre, so würde man nicht einsehen, wie die Molekularattraktion zwischen Theilchen stattfinden könnte, wovon alle Flächen mit denselben Eigenschaften ausgestattet wären. Wenn man nun

nach dieser Vorausschickung durch die Reibung oder irgend eine andere mechanische Wirkung die Moleküle eines Drahtes oder einer Metallplatte augenblicklich verrückt, so bewirkt man gewissermaßen eine augenblickliche Spaltung, welche die beiden Elektricitäten, welche zwei aneinander liegende Moleküle umgeben, frei machen muß, und wenn ein Theil dieser beiden Elektricitäten durch Umstände, welche wir nicht vorhersehen können, die Möglichkeit fände, der Kette des Multiplikators zu folgen, um wieder neutrales Fluidum zu bilden, so würde alsdann ein Strom stattfinden, der auf die Magnetnadel reagiren würde. Da man auf keine Weise in das Innere der undurchsichtigen Körper eindringen kann, so kann man nur die allgemeine Ursache der Erscheinungen angeben, durchaus aber nicht die besonderen Umstände, welche den elektrischeu Strom bestimmen, in dieser oder in einer andern Richtung zu gehen, oder sich gar nicht zu zeigen.

Bei den Forschungen in Beziehung auf das Hervorbringen der elektrischen Ströme vermittelst mechanischer Wirkungen muß man sich vor der Erdmagnetinduktion in Acht nehmen, deren Wirkung so ist, daß man keinen Leiter bewegen kann, ohne in demselben augenblickliche Ströme hervorzubringen. Wir müssen uns also jetzt in einige Ausführlichkeiten über die induktive Wirkung des Erdballs einlassen.

Man weiß, daß, wenn sich ein elektrisirter Körper in einer geringen Entfernung von einem andern befindet, der es nicht ist, die natürliche Elektricität dieses letzteren zerlegt wird; die Elektricität mit dem entgegengesetzten Zeichen von der des ersteren wird angezogen, während die gleichnamige Elektricität in den entgegengesetzten Theil zurückgestoßen wird. Man sagt alsdann, der Körper sei durch Vertheilung elektrisirt. Eine ähnliche Erscheinung zeigt sich, wenn sich ein Metalldraht, durch den ein elektrischer Strom geht, in einer geringen Entfernung von einem anderen

Metalldrahte befindet, der eine geschlossene Kette bildet. Stehen die beiden Enden des Drahtes mit einem Multiplikator in Verbindung, so erhält man durch Schließung der Kette einen augenblicklichen Strom nach entgegengesetzter Richtung mit dem ersten, während er in der nämlichen Richtung fortgeht, wenn man die Kette unterbricht. Wir werden später die Mittel angeben, wodurch man diese Eigenschaft augenscheinlich macht.

Man erzeugt gleichfalls einen Induktionsstrom, wenn man in eine elektro-magnetische Schraubenlinie, die mit einem Multiplikator in Verbindung steht, die Hälfte eines Magnetes bringt; die Richtung des Stroms hängt von dem hineingebrachten Pole ab; nimmt man den Magnet hinweg, so hat der Strom die entgegengesetzte Richtung. Da nun die Erdkugel als ein Magnet angesehen werden kann, der aus Strömen besteht, die von Osten nach Westen circuliren, so muß sie gleichfalls Inductionserscheinungen an Metallplatten hervorbringen, so wie man nur ihre Stelle verändert. Der folgende Versuch läßt in dieser Hinsicht keinen Zweifel übrig.

Man nimmt einen drei Meter langen und einen Millimeter dicken Kupferdraht, bringt ihn mit den beiden Endpunkten des Drahtes des Multiplikators in Verbindung, und gibt ihm sodann die Gestalt eines Rechtecks, dessen oberer Theil auf dem Multiplikatur vorwärts oder rückwärts geschoben werden kann, während der untere Theil und der Multiplikator, der mit demselben befestigt ist; unbeweglich bleiben. Jedesmal, wenn man den Draht auf dem Multiplikator von rechts nach links gehen läßt, weicht die Nadel auf der Stelle ab. Die Abweichung findet nach einer andern Richtung Statt, wenn man den Draht in einer Richtung zurückgehen läßt, welche die entgegengesetzte von der ersten ist. Wenn man diese Bewegung öfters so wiederholt, daß man den

Schwingungen der Magnetnadel nicht hinderlich ist, so erhält man endlich eine Abweichung von 90°. Die hervorgebrachte Erscheinung wächst mit der Länge des beweglichen Drahtes und dem Raume, den er durchläuft.

Demnach ist es begreiflich, daß man bei dem Reiben zweier Metallplatten sich vor den so eben angegebenen Wirkungen der magnetischen Induktion in Acht nehmen müsse. Wir wollen den Fehler zeigen, in den man verfallen würde, wenn man sie nicht berücksichtigte.

Wenn man in den magnetischen Meridian eine fünf Decimeter und sechs Centimeter breite Kupferplatte in Verbidung mit einem Multiplikator horizontal legt und man mit einer zweiten Platte von demselben Metalle, die gleichfalls mit dem Multiplikator in Verbindung steht, und an einem hölzernen Stiele mit der Hand gehalten wird, damit die Handwärme das Metall nicht erhitze, mit Reibung darüber fährt, so bringen zwölf Reibungen, die immer von Norden nach Süden gehen, eine Abweichung der Magnetnadel hervor. Bei einem Versuche zeigte die Richtung der Abweichung an, daß die Platte die negative Elektricität angenommen habe: die von Süden nach Norden gemachten Reibungen brachten eine Abweichung von gleicher Größe aber in umgekehrter Richtung hervor.

Wenn man die große Platte immer in dem magnetischen Meridiane läßt und sie in demselben so stellt, daß die Fläche von sechs Centimetern senkrecht ist, so führen immer die Reibungen der westlichen Fläche, diese mag übrigens sein, welche sie will, auf eine weit stärkere Abweichung als die Reibungen der östlichen Fläche. Peltier, von dem dieser Versuch herrührt, hat gefunden, daß, wenn sich die Kupferplatte in einer horizontalen Richtung befindet, die Reibung der oberen Fläche immer eine stärkere Abweichung

der Magnetnadel gebe, als die Reibung der gegen die Erde gekehrten Fläche. Zink-, Blei- und Zinnplatten verhalten sich eben so.

Man sieht also, daß man bei den Versuchen, die sich auf die, durch das Reiben der Metalle oder anderer leitenden Körper hervorgebrachte Elektricitätsentwicklung beziehen, sich unbedingt vor den Wirkungen der Erdinduktion in Acht zu nehmen habe, wenn jedoch diese Entwicklung elektrische Ströme veranlaßt; denn es verhält sich nicht mehr so, wenn man bloß die Absicht hat, Spannungserscheinungen zu beobachten. Um diese letztern zu erhalten, muß man ein anderes Experimentirverfahren annehmen. Eines von den Metallen muß in mehr oder minder kleine Feile, jedoch nicht in Staub verwandelt werden, der sich an die Flächen, worauf man ihn thut, anhängen könnte. Man befestigt eine Metalllamelle oder noch besser eine Metallplatte an das obere Ende der senkrechten Stange eines Bohnenberger'schen Elektroskopes; darüber hält man in einer geneigten Lage die Metalllamelle, auf welcher man die Reibung bewerkstelligen will und welche mit der Erde in Verbindung gebracht ist, um der Elektricität, die sie bei dem Reiben der Feilspäne erhält, einen Abfluß zu verschaffen, denn sonst könnte diese Elektricität eine Störung in den gesuchten Wirkungen hervorbringen. Man nimmt Feilspäne, die man in eine Kapsel von Metall oder aus irgend einem andern Stoffe thut, und wirft sie auf die geneigte Fläche. Im Fallen halten sie sich nur einen sehr kurzen Augenblick auf derselben auf und begeben sich wieder in die Kapsel, indem sie derselben die Elektricität mittheilen, die sie bei ihrer Reibung auf der Platte erhalten haben und deren Dasein das Elektroskop anzeigt. Folgendes sind die Resultate, die man mit verschiedenen Feilspänen erhalten hat: die Feilspäne von einem Metalle nehmen im Fallen auf eine Platte von demselben Metalle

einen Ueberschuß von negativer Elektricität und die Platte einen Ueberschuß von der entgegengesetzten an. Die Wirkung ist um so auffallender je feiner die Späne sind und je rascher das Auffallen ist. Die Metalle in Feilspänen verhalten sich also in Beziehung auf die Metalle in Massen, wie sich bei den Erscheinungen der Reibung die matt gemachten Körper in Beziehung auf die polirten verhalten. Diese Eigenschaft ist bei dem Golde, Silber und Platin nicht so wahrnehmbar, wie bei den oxydirbaren Metallen. Die Kupferfeile ist negativ bei Platten aus Zink, Blei, Zinn, Eisen, Wismuth, d. h. bei Metallen, die oxydirbarer als das Kupfer sind, während sie mit Platin, Gold und Silber keine Spur von Elektricität zeigt. Wenn man andere Feilspäne dem Versuche unterwirft und die Resultate vergleicht, so wird man auf die Annahme geleitet, daß die Metalle in Spänen, wenn sie auf eine Metallplatte fallen, ein großes Streben äußern, die negative Elektricität anzunehmen, daß aber dieses Streben kein Hinderniß sei, daß die Feile eines oxydirbaren Metalles in Beziehung auf die minder oxydirbaren Metalle positiv sei. Man findet wirklich, daß das Zink als Feile in Beziehung auf die Substanzen in Platten, deren Namen hier folgen, als: Platin, Gold, Silber, Eisencarbür, Eisensulfid, Kupfer und Zinn positiv, hingegen in Beziehung auf Zink, Wismuth, Antimon und stärker aber mit dem ersten als mit den andern negativ ist; es zeigt endlich gar keine Spur von Elektricität mit dem Mangansuperoxyd.

Die Metalloxyde, so wie ihre Sulfüre sind in Beziehung auf ihre gegenseitigen Metalle negativ. Der Staub darf, wir sagen es noch einmal, nicht zu fein sein, denn sonst hängt er sich an die Flächen an und die Wirkungen der Reibung sind Null.

Um diese allgemeine Resultate zu erklären, muß man 1) die Aggregationskraft, 2) die Verschieden-

heit der Erschütterung, welche die Moleküle der Oberflächen der Feilspäne und der Platten erleiden, 3) die Oxydirung der Metalle, 4) den Einfluß der entwickelten Wärme, 5) die Wirkung der Metalle auf einander in Erwägung ziehen. Wir haben noch nicht alle erforderlichen Angaben, um den Einfluß dieser verschiedenen Ursachen zu untersuchen. Wir begnügen uns bloß, die erhaltenen Resultate anzuführen, wenn man nach der Reihe die Temperatur der Platten und die der Feilspäne verändert.

Feilspäne.	Metallplatte.	Erscheinungen	Erscheinungen
Elektrischer Zustand bei der gewöhnlichen Temperatur	Elektrischer Zustand bei gewöhnlichen Temperatur	bei Erhöhung der Temperatur der Platten bis auf 60°	bei Erhöhung der Temperatur der Feilspäne bis auf 60°
1ste Gruppe Zink +	Platin — Gold — Silber — Kupfer — Wasserblei -	Das Zink wird negativ	Das Zink wird stärker negativ.
2te Gruppe Zink —	Zink + Eisen + Wismuth + Antimon +	Die Wirkungen nehmen zu	Sie nehmen gleichfalls zu.
3te Gruppe Mangansuperoxyd +	Gold — Platin — Kupfer — Zink —	Die Wirkungen werden sehr erhöht	

Man sieht in der ersten Gruppe, daß in dem Verhältnisse, als man die Temperatur entweder der Zinkfeile oder der Platten erhöht, die Resultate das Umgekehrte von denjenigen sind, die man bei der gewöhnlichen Temperatur erhält; daß bei der zweiten und dritten Gruppe die Wärme das negative Vermögen des Zinks und das des Mangansuperoxyds erhöht. Das Streben der Zinkfeile durch die Einwirkung der

Wärme negativ zu werden ist also so groß, daß sie, wenn sie positiv ist, nach und nach dieses Vermögen verliert, Null und sodann negativ wird. Die Wärme wirkt demnach hier, wie es gewöhnlich die mechanische Theilung thut.

Diese Thatsachen suchen zu beweisen, daß die Ursachen, welche die Elektricitätsentwicklung bei der Reibung der Feilspäne auf Metallplatten bestimmen, sich an den Aggregationszustand der Moleküle anreihen und daß, wenn es möglich wäre, ein Partikelchen von irgend einem Metalle zu isoliren und man es auf eine Platte von eben diesem Metalle fallen ließe, dieses Molekül außerordentlich negativ wäre, während es sich zu gleicher Zeit beträchtlich erhitzte, da die Aggregationskraft nicht mehr da ist, um seine Wirkung zu fesseln.

Wenn man wissen will, bis auf welchen Punkt die Geschwindigkeit, mit welcher sich die Feilspäne von den Platten absondern, auf das Phänomen einen Einfluß äußert, so muß man die Reibung einer regulären Wirkungsweise unterwerfen, welche es möglich macht, immer unter gleichen Umständen zu operiren. Durch folgendes Verfahren erreicht man diesen Zweck: man nimmt ein Uhrwerk, das einer vertikalen Stange, an deren oberem Ende eine horizontale Metallplatte befestigt ist, eine rasche drehende Bewegung gibt. Wenn man auf diese Platte einige Feilspäne wirft, so werden sie sogleich in eine Entfernung geschleudert, welche von der Rotationsgeschwindigkeit abhängt; so daß ihr Contakt mit der Platte nur augenblicklich ist. Stellt man den Apparat auf ein Elektroskop mit Goldblättchen, so erkennt man sogleich die von der Platte erlangte Elektricität; so nimmt z. B. das Mangansuperoxyd als sehr feines Pulver, wenn es auf eine Zink-, Zinn- oder Goldplatte geworfen und einer schnellen Rotationsbewegung ausgesetzt wird, die negative Elektricität

an: das sehr zertheilte Silber und das pulverisirte Schwefeleisen liefern die nämlichen Resultate. Das Mangansuperoxyd ist eine von den Substanzen, welche die größte Wirkung zeigen; die Wirkung der Luft äußert gar keinen Einfluß auf die Erscheinung, weil sie die nämliche ist, das Metall mag oxydirbar sein oder nicht. Die Zinkfeile zeigt gar keine Elektricität, wenn sie auf eine Platte von demselben Metalle fällt, deren Bewegung schnell ist, während sie negativ ist, wenn die Platte in Ruhe ist.

Dieser Versuch zeigt an, daß die Rotationsgeschwindigkeit, welche der Zinkplatte mitgetheilt wurde, das negative Streben vermehrt, und daß man in dem nämlichen Umstande, um der Feile ihre negative Eigenschaft zu erhalten, sie als äußerst feines Pulver müßte hinwerfen können.

Von der Elektricitäts-Entwicklung durch Reiben an den Körpern, welche schlechte Leiter sind.

Wir wollen zu den elektrischen Erscheinungen durch Reiben an den Körpern übergehen, welche schlechte Leiter sind, Erscheinungen, welche sowohl in ihrer Natur als auch in ihrer Intensität wegen so unbedeutender Ursachen verschieden sind, daß sie allen unsern Forschungen entgehen. Da wir alle diese Thatsachen an keine allgemeine Principien knüpfen können, so ist es das Beste, sich an die Grundeigenschaften zu halten, die uns allein zu Führern in ihrem Studium dienen können.

Um mit Methode zu verfahren und von dem einfachen zum zusammengesetzten überzugehen, so wollen wir zuerst dem Versuche ähnliche Körper unterwerfen, von denen aber nicht alle Theile die Wirkung des Reibens auf gleiche Weise erleiden, um die Ursachen kennen zu lernen, welche den größten Einfluß auf

das Hervorbringen der Erscheinung ausüben. Wenn man übers Kreuz zwei weiße seidene Bänder von demselben Stücke übereinander reibt, so nimmt dasjenige, welches in der Quere gerieben wurde, die negative und das andere die positive Elektricität an. Da nun die Punkte des erstern die Wirkung der Reibung stärker empfinden als die Punkte des zweiten, so sind sie dadurch einer beträchtlicheren Erschütterung unterworfen und erhitzen sich auch mehr als die andern. Diese beiden Ursachen üben einen großen Einfluß auf die Natur der Elektricität aus, welche ein schlecht leitender Köper bei seinem Reiben an einem andern gleichfalls schlecht leitenden Körper annimmt.

Zwei schwarze seidene Bänder bringen die nämlichen Erscheinungen hervor; eben so verhält es sich mit einem schwarzen und weißen Bande, wenn die Wirkung des Reibens auf jedem Bande dieselbe ist; eine leicht zu erfüllende Bedingung. Wenn man mit zwei Pfropfen operirt, wovon der eine mit einem Stück weißen Bandes, und der andere mit einem Stück schwarzen Bandes überzogen ist und sie an einander reibt, so findet man, daß der erste die positive, der zweite die negative Elektricität annimmt; da sich nun die beiden Stoffe nur durch den färbenden Stoff von einander unterscheiden, so muß dieser auf irgend eine Weise sowohl in der Erschütterungsweise der Theile als auch in Folge derselben in der ausgeströmten Wärme in das Mittel treten. Da sich nun die schwarze Seide, welche ein größeres Absorptionsvermögen besitzt, als die weiße Seide, mehr erhitzen muß als diese, so befindet sie sich in einer geeigneten Lage, um die negative Elektricität zu erlangen. Ueberhaupt wenn man, bevor man zwei Körper an einander reibt, vorläufig die Temperatur eines derselben erhöht, so vermehrt man sein negatives Streben.

Nehmen wir abermals zwei ähnliche Körper, die sich aber nur durch die Beschaffenheit ihrer Oberflächen von einander unterscheiden, wie z. B. zwei Glasröhren, wovon die eine polirt, die andere matt ist oder auch zwei Stangen Siegellack, die sich in demselben Zustande befinden, wenn man die beiden ersten an einander reibt, indem man sie vorher sorgfältig abtrocknet und sie eine Zeitlang in einem Medium liegen läßt, das durch Chlorkalk ausgetrocknet wurde, so nimmt die matte die negative Elektricität an. Eben so verhält es sich mit der matten Siegellackstange. Man sieht daraus, daß bei dem Reiben zweier Körper derjenige, dessen oberflächliche Partikelchen leichter verrückt werden können, die negative Elektricität anzunehmen strebe.

Folgendes sind schließlich drei Ursachen, welche das negative Streben vermehren: ein stärkeres Reiben, eine Zunahme von Wärme und eine matte oder mit Rauhheiten versehene Fläche, oder eine faserige Constitution. Die Beschaffenheit der Oberflächen hat einen solchen Einfluß auf die Natur der frei gewordenen Elektricität, daß es eine krystallisirte, mineralische Substanz, den D i s t h e n, gibt, welche bei demselben Reibzeuge an gewissen Flächen die positive und an andern die negative Elektricitäi annimmt, ohne daß man wahrnehmbare Verschiedenheiten in dem Molekularzustande der Oberflächen bemerken kann.

Gehen wir zu den Körpern von verschiedener Natur über. Wenn man auf ein sehr trocknes Brett von Tannenholz ein gleichfalls sehr trocknes Blatt Papier legt und man schnell über das letztere mit Reibung mit einem Stück Kautschuk hinfährt, so wirkt das durch die Reibung elektrisirte Papier ziemlich stark durch Vertheilung auf das Holz, um sich an dasselbe anzuhängen, so daß man einen Widerstand empfindet, wenn man es wegnehmen will. Wird

der Versuch im Dunkeln und in einem sehr trockenen Zimmer angestellt so bemerkt man in dem Augenblicke der Trennung einen Lichtstreifen.

Coulomb hat beobachtet, daß ein Streifen erwärmten Papiers, der an einem Stoffe aus weißer Wolle oder weißer Seide gerieben wird, immer die negative Elektricität annehme; ist das Gleichgewicht der Temperatur wieder hergestellt, so zeigt er in den meisten Fällen nur Spuren von positiver Elektricität. Die nämliche Erscheinung findet aber ohne Anomalie mit einem Stoffe von schwarzer und gut gefärbter Seide Statt; ist dieser Stoff halb abgenützt, so tritt die umgekehrte Wirkung ein.

Ein erwärmtes Band aus weißer Seide nimmt bei seiner Reibung an einem Metalle immer die negative Elektricität an, während es, wenn man es erkalten läßt, sehr schwache Spuren von positiver Elektricität zeigt, wenn das Metall sehr polirt ist.

So verhält es sich aber nicht mit einem Bande von schwarzer Seide; es mag erwärmt sein oder nicht, so nimmt es doch immer die negative Elektricität an, wenn es bei seiner Reibung an einem Metalle seidenreich und gut gefärbt ist.

Man hat vorher gesehen, daß, wenn man ein Band von weißer Seide an einem andern von schwarzer Seide reibt, das erste immer die positive Elektricität annehme; ist aber das schwarze Band abgetragen und das weiße erwärmt, so zeigt dieses letztere Spuren von negativer Elektricität, so lange es warm ist und wird positiv beim Erkalten.

Ein Seideband, ein Streifen Papier, ein wollener Stoff u. s. w. nehmen, wenn sie an einem Felle, das noch mit Haaren versehen ist, gerieben werden, immer die negative Elektricität an.

Alle diese Resultate suchen zu beweisen, daß außer den bereits angegebenen Ursachen, die Gewebe aus thierischem oder vegetabilischem Stoffe, deren Theile

mehr oder weniger locker sind und die gerade deßwegen eine größere Verrückung bei der Reibung erleiden können, als die Theile metallischer Flächen, häufiger die negative Elektricität annehmen.

Bei den vorhergehenden Versuchen zeigt nichts, daß eine Adhäsion unter den Körpern oder eine chemische Wirkung stattgefunden habe; daher müssen auch die erzeugten Erscheinungen entweder einer Verschiedenheit in der Schwingungsweise der Theilchen oder einer ungleichen Vertheilung der Wärme, in Folge deren die Moleküle des einen derselben eine größere Beweglichkeit erlangen, zugeschrieben werden.

Das Versenken verschiedener Körper in Quecksilber gibt zu complicirten elektrischen Erscheinungen Veranlassung, mit denen wir uns bekannt machen müssen, weil sie dazu dienen, uns den Einfluß zu zeigen, welchen die bereits angegebenen Ursachen auf ihre Hervorbringung ausüben. Man unterscheidet drei Versenkungsarten: die rasche Versenkung, die langsame Versenkung und die Versenkung, bei welcher man den Körper sachte in Quecksilber bringt und ihn eine längere oder kürzere Zeit darin läßt. Die Körper müssen vor dem Versuche beständig in einer Flasche gelegen haben, worin sich Aetzkalk befand. Die Hauptresultate, welche man erhielt, sind folgende:

Das Glas, der Schwefel, der Bernstein und das Siegellack werden gewöhnlich bei einer Temperatur von 10° durch keine von den drei Versenkungen elektrisch; eben so verhält es sich bis auf 18°, wofern sie nur gleiche Temperatur mit dem Quecksilber haben; indessen fängt der Bernstein an, bei mehr als 11°, das Siegellack bei mehr als 15° und das Glas bei mehr als 20° durch den Stoß elektrisch zu werden; man muß aber beständig darauf Acht haben, diese Körper in dem Quecksilber lange genug zu lassen, daß sich ein Gleichgewicht in der Temperatur feststellen kann, und sie sodann langsam herauszuneh-

men. Zwischen 80° und 100° erlischt das elektrische Vermögen durch rasches Versenken und im Allgemeinen vernichtet eine hohe Temperatur das elektrische Vermögen, wie eine niedere.

Diese Resultate zeigen aufs Neue den Einfluß der Erschütterung der Partikelchen und der Wärme auf die Elektricitätsentwicklung, ein Einfluß, der sich leichter an dem Schwefel, Bernstein und Siegellack, als an dem Glase wahrnehmen lassen muß. Bei den vorhergehenden Versuchen hatten die Körper mit dem Quecksilber gleiche Temperatur; tritt aber eine Verschiedenheit nur von einem Grade ein, so werden alle diese Körper elektrisch; indessen gibt es Gränzen, denn ein gläserner, auf 100° erhitzter Cylinder ist nicht elektrisch, wenn man ihn in Quecksilber von + 15° taucht; eben so verhält es sich auch, wenn man auf umgekehrte Weise zu Werke geht. Ein Glasstab, haben wir gesagt, sei in dem Quecksilber bei gleicher Temperatur innerhalb gewisser Gränzen nicht elektrisch; jenseits derselben wird er es. Die Natur der Elektricität ist auch noch nach der Verschiedenheit der Temperatur zwischen den beiden Körpern verschieden.

Der Stab ist positiv, wenn seine Temperatur etwas höher als die des Quecksilbers ist: er ist hingegen negativ, wenn ein größerer Zwischenraum stattfindet.

Im Allgemeinen sind bei dem Bernstein, Schwefel, Siegellack die Erscheinungen des Stoßes auffallender, als die des bloßen Contakts; man sieht also abermals den Einfluß der Erschütterung der Theile zu Erregung des elektrischen Vermögens.

Substanzen, die aus biegsamen Theilen bestehen, wie Baumwolle, Papier, Wolle, werden durch die drei Versenkungsarten von + 10° bis auf 80° sogar bei gleicher Temperatur mit dem Quecksilber sehr elektrisch. Es folgt daraus, daß das elektrische Vermögen mit dem zunehme, welches die Körperparti-

kelchen durch den Verlust ihrer natürlichen Gleichgewichtslage erleiden; es bedarf oft nur einer sehr unbedeutenden Erschütterung, wie z. B. die, welche von dem Bruche der Attraktionskraft herrührt, welche das Quecksilber ausübt, um Elektricität zu entwickeln. Wir wollen noch complicirtere Fälle untersuchen.

Wenn man zwei Körper an einander reibt, welche nicht gleich hart sind, und demnach einer derselben an den andern nach Verfluß einiger Augenblicke einen Theil seiner Substanz abtritt, so wird die Reibung nicht mehr zwischen den beiden Körpern, wohl aber zwischen dem weicheren Körper und demjenigen Theile dieses Körpers stattfinden, welcher auf dem härteren abgesetzt wurde. Man hat alsdann, je nachdem das minder harte Metall oxydirbar ist oder nicht, complicirte elektrische Erscheinungen; daher rührt eine Menge von Irrthümer, in welche die Physiker geriethen, die sich mit der Bestimmung der Art von Elektricität abgaben, die ein Körper bei seinem Reiben an einem andern annimmt. De la Rive, welcher diese Art von Erscheinungen untersuchte, operirte mit mehr oder weniger harten Reibzeugen, z. B. mit der Haut des Fingers, Elfenbein, Horn, Kork, mit verschiedenen Arten von recht trockenem Holze und nahm zu geriebenen Körpern die Metalle, welche entweder ihrer eigenen Substanz oder ihren Oxyden nachgeben, wenn man sie eine Zeitlang gerieben hat. Um augenblickliche Wirkungen zu erhalten, muß man die Metallplatten auf die obere Platte eines Elektroskopes mit Goldblättchen legen. Jedesmal, wenn man nur ganz leicht mit dem Finger oder mit einer der oben genannten Substanzen über eine Metalplatte hinfährt, so findet, wenn die Flächen vollkommen trocken sind, immer eine Elektricitätsentwicklung Statt, welche Null ist, wenn diesen Körpern auch nur die geringste Schichte hygrometrischen Wassers anhängt.

Nicht alle Metalle nehmen dieselbe Elektricitäts-

art an. Das Wismuth zum Beispiele ist positiv, und das Antimon negativ.

{ Antimon	—
{ Haut	+
{ Wismuth	—
{ Haut	+

Das Rhodium, Platin, Palladium, Gold, Tellur, Kobalt und Nickel nehmen oft die negative Elektricität an; während das Silber, Kupfer, Messing und Zinn, welche gleichfalls negativ sind, bisweilen die positive Elektricität geben. Das Antimon ist unter allen am meisten negativ; Zink und Eisen sind sehr veränderlich; was Blei und Wismuth anbetrifft, so sind sie beständig positiv. Alle diese Erscheinungen lassen sich recht gut vermittelst der vorhin angezeigten Principien erklären.

Man hat weiter oben gesehen, daß die Metalle an die Reibzeuge entweder einen Theil ihrer Substanz oder Oxyd abtreten, das eine Schichte auf dem Reibzeuge bildete, so daß in diesem letzteren Falle die Reibung zwischen dem Metalle und seinem Oxyde, das in Beziehung auf dieses Metall immer negativ ist, stattfand. Wenn aber die Oxydschichte eine gewisse Dicke erlangt hat, und nicht mehr weggeschafft werden kann, so findet die Reibung zwischen zwei Oxydschichten Statt, und es gibt keine elektrische Erscheinungen. Durch Berücksichtigung dieser verschiedenen Umstände kann man die Anomalien erklären, die in den Versuchen vorkommen. Wenn man die Metalle mit Körpern, wie Kork und Kautschuk sachte reibt, so nimmt man die Oxydschichte leicht hinweg, und erhält alsdann die positive Elektricität auf den Metallen. Diese Resultate zeigen, wie vorsichtig man bei den Forschungen zu Werke gehen müsse, die sich auf die Entwicklung der Elektricität durch Reiben beziehen.

Man hat Apparate erfunden, womit man so viel als möglich Elektricitäten sammelt, die bei dem Reiben zweier Körper frei werden. Diese Apparate, welche man **Elektrisirmaschinen** nennt, sind in allen physikalischen Lehrbüchern beschrieben, wir können uns also enthalten, sie zu beschreiben; wir wollen bloß einige Worte über den Pecletschen Apparat sagen, um den Einfluß kennen zu lernen, den die Zeit, die Geschwindigkeit, der Druck auf die Entwicklung der Elektricität durch Reiben ausüben, weil wir seine Ansicht über die Folgerungen, die er aus seinen Versuchen ableitete, nicht ganz theilen. Dieser Apparat ist so eingerichtet, daß er die drei Bedingungen nach Belieben veränderlich oder constant macht; er besteht aus folgenden Theilen:

1) einem gläsernen Cylinder, durch den eine eiserne Achse geht; 2) aus einem hölzernen Reibzeuge, der die Krümmung des Cylinders hat, und auf welchem man verschiedene biegsame Lamellen anbringen kann; 3) aus zwei Metallstangen, die an dem oberen Theile des Reibzeuges angebracht, und dazu bestimmt sind, Gewichte aufzunehmen; 4) aus einem Metallkamme, der sich auf einem isolirenden Gestelle befindet und mit einem Elektrometer mit Strohhalmen in Verbindung steht, der sich in zwei Holunderkügelchen endigt, deren Auseinanderlaufen, vermittelst eines gehörig angebrachten Zifferblattes bestimmt werden kann.

Wenn man bloßes, oder mit Kupfer, Zinn, Silber oder Gold überzogenes Papier, Stanniol, Seide, Baumwolle unter den früher angegebenen Bedingungen zum Reibzeuge nimmt, so nimmt die Spannung eine gewisse Zeit lang, die übrigens sehr kurz ist, zu, nachher bleibt sie constant. Die Kurbel macht eine Umdrehung in acht, vier, zwei Sekunden und die Geschwindigkeit ist eine gewisse Zeit lang dieselbe.

Bei den oben angegebenen Reibzeugen und Cylin-

dern aus Glas, Harz und gewichstem Taffet, bleibt die Spannung von der Geschwindigkeit unabhängig, ausgenommen bei Körpern, die mit langen Fasern versehen sind und mit denen wir uns hier uicht abzugeben haben.

Wenn man den Cylinder mit einer Metallfranse, welche an der entgegengesetzten Seite des Kammes angebracht ist, entladet, so nimmt die Spannung mit der Geschwindigkeit ab und dies um so mehr, je ein schlechterer Leiter das Reibzeug ist: die Elektricitätsmenge scheint also der Geschwindigkeit proportional zu sein, wenn man die Franse anwendet.

In Beziehung auf den Einfluß des Druckes bei gleichförmiger Rotationsbewegung hat Peclet das Reibzeug unter den Druck von 1 bis 2 Kilogrammen gebracht, und dem Versuche gläserne, hölzerne und harzige Cylinder, die mit gewichstem Taffet oder Atlas umwickelt waren, nach der Reihe unterworfen. Was die Reibzeuge anbetrifft, so waren sie die nämlichen, wie vorher; die Abweichung der beiden Strohhalme war bei jedem Körper constant, der Druck mochte sein, welcher er wollte, der Cylinder mochte entladen sein oder nicht. Peclet erklärte dieses letztere Resultat folgendermaßen: der wirkliche Contakt besteht nur an einem Theile der Ausdehnung des scheinbaren Contaktes. Dies sind wirklich die Punkte die sich berühren, die den Druck aushalten, welche reiben und Elektricität erzeugen. Die Menge und die Ausdehnung dieser Punkte muß mit dem Drucke, aber in einem Verhältnisse zu der Last, das überdies schwer zu ermitteln ist, zunehmen; über einen gewissen Druck hinaus, nimmt also die Zahl der Berührungspunkte nicht zu, und der Einfluß des Druckes muß aufhören.

Aus den von Peclet beobachteten Thatsachen erhellt, daß Druck und Geschwindigkeit keinen Einfluß auf die hervorgebrachten Erscheinungen ausüben, und daß die Elektricitätsmenge der Geschwindigkeit proportional

sei, der Druck möge auch sein, welcher er wolle. Bei der Erklärung, welche dieser Physiker von den beobachteten Thatsachen gegeben hat, abstrahirte er von der Elektricität, welche sich an der Quelle selbst wieder verbindet, wo sie sich entwickelt, wenn man dieser Wiedervereinigung kein Hinderniß entgegenstellt. Weil er diese Wiederzusammensetzung ganz aus der Acht gelassen hatte, so sind andere Personen bei den Erklärungen, die sie von den Erscheinungen gaben, welche sich bei der Elektricitätsentwicklung durch Reiben zeigen, gleichfalls zu Fehlern verleitet worden; man darf auch in der That folgende Betrachtungen nie aus den Augen verlieren: 1) wenn die Zersetzung der beiden Elektricitäten beim Reiben schneller vor sich geht, als die Wiedervereinigung, so nimmt die elektrische Spannung zu; 2) wenn die Wiedervereinigung in einer bestimmbaren Zeit geschieht, so wird je schneller man dreht, das Maximum der Spannung um so schneller vermehrt. Es ist vollkommen begreiflich, daß, wenn man schnell dreht, ein gewisser Punkt eintritt, wo die Spannung der freigewordenen Elektricität so ist, daß sich ein Theil der beiden Elektricitäten trotz der schlechten Leitungsfähigkeit der geriebenen Körper wieder vereinigt; in dem nämlichen Verhältnisse wird sich auch die Spannung vermehren. Demzufolge muß man auf ein Spannungsmaximum kommen, das man nicht überschreiten kann, weil sich die beiden Elektricitäten immer im Contakte wieder vereinigen, wenn die Reibung nicht so augenblicklich ist, daß die Trennung der beiden Körper nicht in einer unendlich kleinen Zeit bewerkstelligt werden kann. Auf diese Weise muß man es verstehen, daß die Elektricitätsentwicklung von dem Drucke und der Geschwindigkeit der Reibung unabhängig sei.

Von den Erscheinungen des Reibens in den Gasen und im leeren Raume.

Bei den vorhergehenden Versuchen war nur von der Elektricitätsentwicklung durch Reiben in der Luft die Rede. Wir wollen nun sehen, was sich ereignet, wenn man in dem leeren Raume oder in den Gasen operirt. Die alten Physiker haben sich viel mit der Elektricitätsentwicklung im leeren Raume abgegeben. Wir führen besonders Hawksbee, Gray, Dufay u. s. w. an, berichten aber die Versuche dieses letztern Physikers, dem die Elektricität eine ihrer schönen Entdeckungen verdankt.

Dufay wandte einen unten offenen und oben durch eine kupferne Kapsel verschlossenen Recipienten an. Eine Metallstange ging durch die Kapsel und trat in den Recipienten. Diese Stange endigte sich an dem untern Ende in einer Schraube, in deren Gänge eine durchbohrte Kugel aus Bernstein, Glas oder aus irgend einer andern Substanz mit Hanf befestigt war. Das obere Ende der Stange war mit einer kleinen Rolle versehen, die man mit einem Bogen in Bewegung setzte. Im Innern des Recipienten war ein Zängchen, das mit Stoff oder irgend einer andern Substanz besetzt war und den der Reibung ausgesetzten Körper faßte und fest hielt; Drähte, welche in den Recipienten herabhingen, zeigten an, während sie auf diese Körper hingingen, ob sie elektrisirt worden seien oder nicht. Dufay fand, daß in dem auf drei Linien erzeugten leeren Raume alle weiter oben genannten Körper, wenn sie gerieben wurden, wie in der Luft anziehen. Boyle bestätigte dieses Resultat.

Man kann die hervorgebrachten Erscheinungen dadurch erklären, daß man sagt, daß die dem Versuche unterworfenen Körper als schlechte Leiter eine mehr oder minder lange Zeit hindurch die durch das

Reiben erlangte Elektricität behalten, selbst wenn die Luft keinen Druck mehr auf dieselben ausübe.

Dufay unterwarf dem Versuche eine feste Kugel von Bergkrystall, und nahm ein Blatt Papier zum Reibzeuge. Er fand, daß die Erscheinungen in dem leeren Raume nicht so wahrnehmbar sind, wie in der Luft, daß aber die Kugel elektrisch wurde, wenn man Luft hineinließ. Dieser Physiker glaubte aus diesem Resultate und aus andern, die wir nicht anführen, den Schluß machen zu müssen, daß die Körper, welche die Harzelektricität geben, wie der Bernstein, das Kopalgummi u. s. w., dieselbe in allen Arten von Mitteln erlangen, während die glasartigen Körper nur wenig Elektricität in dem leeren Raume annehmen, obgleich sie dieselben in diesem leeren Raume behalten, wenn sie sie in der Luft erhalten haben. Diese Verschiedenheit rührt sehr wahrscheinlich davon her, daß der Wasserdampf, in dem Verhältnisse als man die Luft verdünnt, sich leichter an die glasartigen als an die harzigen Substanzen anhängt.

Die Elektricitätsentwicklung in dem leeren Raume hat die Aufmerksamkeit der Pyysiker seit dem Anfange dieses Jahrhunderts nicht besonders auf sich gezogen, weil die mathematische Theorie, welche das Gleichgewicht der Elektricität auf der Oberfläche der Körper erklärt, jede Forschung dieser Art zu verwerfen scheint. Da auch wirklich nach dieser Theorie die Elektricität an der Oberfläche der Körper nur durch den Widerstand der Luft festgehalten wurde, so darf man nicht annehmen, daß sie in dem leeren Raume Elcktricität behalten können, wenn auch ihre Spannung noch so schwach war.

Wir wollen jetzt Thatsachen anführen, die mit dieser Theorie unvereinbar zu sein scheinen. Harris machte einen Versuch, der Hawksbee's und Gray's Beobachtungen bestätigt. Eine kupferne Kugel von ungefähr zwei englischen Zollen im Durchmesser wurde

in den Mittelpunkt eines großen Recipienten gebracht und vollkommen isolirt, sodann nach ihrer Elektrisirung vermittelst einer Kupferstange, die in eine kupferne Kapsel ging, mit einem Elektroskope in Verbindung gesetzt; sie brachte das Elektroskop um 40° zum Abweichen. Diese Divergenz erhielt sich, als man die $^{56}/_{68}$ der in dem Recipienten enthaltenen Luft hinwegschaffte. Eine ähnliche, nicht elektrisirte Kugel, die der erstern vermittelst eines Stäbchens genähert wurde, übte eine solche Wirkung aus, daß in dem Verhältnisse, als sich diese Kugel näherte, das Elektroskop zu sinken anfing und sich aufs Neue erhob, sobald man sie entfernte. Der folgende Versuch unterstützt diese Thatsache:

Auf eine tragbare Scheibe, die an einer Luftpumpe Taf. VI. Fig. 9 angebracht werden kann, stellt man ein kleines Elektroskop mit Goldplättchen, dessen Metallstange an ihrem obern Theile eine sehr dünne Metalllamelle hat, auf welcher sich eine so wenig als möglich hygrometrische Glasplatte befindet. Dieser kleine Apparat wird mit einer Glocke bedeckt, die an ihrem oberen Theile eine Beröhrung hat, die mit einem Ringe versehen ist, der eine lederne Kapsel hat, in welche eine senkrechte, messingene Stange hineingeht, an deren unterem Ende ein kleiner lederner Ballen angebracht ist, der mit Mussivgold oder andern erregenden Substanzen überzogen ist. Durch das Herablassen der Stange bringt man den Ballen mit dem Glase in Berührung und man kann die Reibung durch das Drehen der Stange bewerkstelligen. Die Glasplatte bildet alsdann ein kleines Zaubergemälde. Die Metallplatte wird negativ elektrisirt, und die beiden Goldplättchen fahren vermöge dieser Elektricität auseinander. Wenn man einen leeren Raum bis auf einen Millimeter hervorbringt, so findet man beständig Elektricität, welche, weit entfernt sich zu zerstreuen, da ja nur noch eine sehr

geringe Menge Luft vorhanden ist, eine ziemlich beträchtliche Zeit lang bleibt, wenn die wässerigen Dünste im Inneren der Glocke vorläufig durch Chlorkalk weggeschafft worden sind. Wir haben bei einem Versuche gefunden, daß nach Verlauf von zehn Tagen noch freie Elektricität da war. Darf man wohl annehmen, daß die sehr geringe Luft, die in dem Gefäße enthalten war, im Stande sei, die Elektricität auf der Oberfläche der Goldplättchen zurückzuhalten, oder daß der leere Raum dazu dienen könne, Elektricitätsmengen, welche eine gewisse Gränze nicht überschreiten, vollkommen zu isoliren. Dies wollen wir bald untersuchen. Für den Augenblick beschränken wir uns bloß darauf, zu behaupten, daß neuere Versuche zu beweisen scheinen, daß, wenn sich ein elektrisirter Körper in einem vollkommen leeren Raum entfernt von Gegenständen befindet, die auf ihn irgend eine elektrische Wirkung durch Vertheilung äußern können, dieser Körper unbestimmt seine Elektricität behalte. Ganz gewiß würde dieses Princip, wenn es gehörig begründet würde, die mathematische Theorie zu modifiziren nöthigen, welche annimmt, daß diese einzig und allein an der Oberfläche der Körper nur durch den Widerstand der umgebenden Mittel festgehalten werde.

Wir wollen zur Entwicklung der Elektricität durch Reibung in verschiedenen Mitteln übergehen. Mehrere Physiker haben sich nach der Reihe mit dieser Frage beschäftigt; zuerst Wollaston, sodann Gay-Lussac und Peclet.

Wollaston suchte auf die folgende Art zu beweisen, daß die Entwicklung der Elektricität bei der Reibung von einer Oxydirung herrühre. Er hat einen kleinen Cylinder mit seinen Kissen genommen, die mit sehr oxydirbarem Amalgam von Zink oder Zinn überzogen waren, und seine Leiter in einem Gefäße so angebracht, daß er nach Belieben die in dem-

selben enthaltene Luft wegnehmen und dieselbe durch ein Gas ersetzen konnte. Nachdem er den Grad der Wirksamkeit des Apparates in der Luft untersucht hatte, so brachte er Kohlensäure an die Stelle der Luft und fand, daß jede Elektricitätsentwicklung aufgehoben war, und daß sie sich sogleich zeigte, wenn er atmosphärische Luft in das Gefäß ließ. Nachdem er die Kissen mit einem Amalgam aus Silber, Platin, kurz aus einem nicht oxydirbaren Stoffe überzogen hatte, so hörte jede Elektricitätsentwicklung auf; er schloß daraus, daß diese von einer Oxydirung herrühre.

Gay-Lussac wiederholte diese Versuche, und fand, daß sich mit sehr oxydirbaren Amalgamen in einer kohlensauren Atmosphäre gleichfalls Elektricität entwickle, wofern nur diesem Gase der größere Theil seines hygrometrischen Wassers entzogen würde. Da dieser Versuch die von Wollaston angegebenen Resultate entkräftet hatte, so waren neue Forschungen nöthig, um die Begriffe in dieser Hinsicht auf etwas Festes zu richten; dies that Peclet, der zuerst damit anfing, das Leitungsvermögen der Luft und der angewandten Gase in der Voraussetzung zu bestimmen, wo dieses Vermögen auf die beobachteten Erscheinungen wirken würde. Zu diesem Ende ließ er zwei vollkommen gleiche Comlomb'sche Wagen verfertigen, in jede derselben war eine Mündung gebohrt, in welche eine kleine Glasröhre gekittet war, in welcher sich ein Kupferdraht befand, der sich in zwei gleiche Metallkugeln endigte, die dazu bestimmt waren, Elektricität auf die Lahnscheiben fortzupflanzen. Das Innere des Gefäßes stand mit außen durch zwei Röhren in Verbindung, wovon die eine bis an seinen Gipfel ging, und die andere nur ein wenig über den Boden emporragte. Diese Röhren waren dazu bestimmt, das in den Gefäßen enthaltene Gas zu verändern. Die Röhre, welche zum Einbringen der Gase

diente, stand mit einer weiten, äußeren Röhre in Verbindung, die mit Chlorkalk angefüllt war. Einer von diesen Apparaten stand mit einem Gebläse in Verbindung; der andere mit einem Apparate, der zu Erzeugung der Kohlensäure bestimmt ist. Nachdem er den beiden Metallkugeln die nämliche elektrische Ladung gegeben hatte, damit die beiden Wagen in demselben Grade geladen würden, ließ er in die eine derselben einen Strom trockner Luft und in die andere einen Strom gleichfalls trockner Kohlensäure gehen. Peclet fand, daß die Abweichungen in der mit Kohlensäure gefüllten Wage nach derselben Zeit, die, wenn man von dem Entstehen der Repulsion ausgeht, gezählt wurde, vollkommen die nämlichen waren, und er schloß daraus, daß die Leitungsfähigkeiten der Luft und der Kohlensäure, in Beziehung auf die Erscheinungen, die er, wohlverstanden, im Auge hatte, dieselben seien. Er nahm alsdann an, daß, wenn eine Differenz in der Elektricitätsmenge, die in diesen beiden Gasen durch Reiben hervorgebracht wurde, stattfinde, diese Differenz nur von einer direkten Wirkung des Gases bei der Erzeugung der Elektricität herrühren könne.

Um diese Reibungsversuche in verschiedenen Gasen anzustellen, bediente er sich einer Glocke, durch welche ein Eisenstab ging, der in eine lederne Kapsel geht und einen Glascylinder trägt. Der Stab wurde vermittelst eines Systems von zwei Rädern durch eine Kurbel in Bewegung gesetzt. Ein befestigtes, mit Mussivgold überzogenes Kissen befand sich unter der Glocke und gegenüber ein Metallkamm, der mit einem Kupferdrahte, der hinausging und bis zu einem Elektroskope verlängert wurde, das sich in einer Glocke befand, deren innere Luft durch Chlorkalk getrocknet war, in Verbindung stand. Die erste Glocke war mit zwei Glasröhren versehen, die eine, um das getrocknete Gas hineinzuschaffen, die andere,

um dasselbe hinauszuschaffen. Als Peclet mit der vollkommen trockenen Luft oder Kohlensäure operirte, die man eine ziemlich lange Zeit hindurch in das Gefäß gehen läßt, damit die Glocke nicht mehr als $^1/_{18}$ Luft enthalte und die Kurbel mit einer ganz gleichen Geschwindigkeit drehte, so erhielt er in den beiden Fällen dieselben Resultate.

Mit vollkommen trocknem Wasserstoffe erhielt er dieselbe Erscheinung, und er schloß alsdann daraus im Widerspruche mit dem was Wollaston behauptet und im Einklange mit dem, was Gay-Lussac beobachtet hatte, daß bei Erzeugung der Wärme beim Reiben die Wirkung der Luft auf die mehr oder minder oxydirbaren Ueberzüge der Reibzeuge nicht so direkt wäre, als es der englische Physiker meinte.

Dieser Schluß ist streng richtig und könnte auch unmittelbar aus Gray's Versuchen abgeleitet werden, weil die Elektricitätsentwicklung in dem leeren Raume, wie in der Luft stattfindet.

Die vorhergehenden Versuche beweisen zwar wohl, daß das Dasein des Sauerstoffes zur Erzeugung der Elektricität durch Reiben nicht nothwendig ist, aber durchaus nicht, daß diese nicht von einer chemischen Wirkung herrühre, denn es wäre gar wohl möglich, daß chemische Reaktionen zwischen den constituirenden Theilen der Amalgame in Folge des Reibens bewirkt würden, auf welche man die Elektricitätsentwicklung beziehen könnte. Dies ist eine Frage, die wir bald zu untersuchen Gelegenheit finden werden.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

BSB Bayerische StaatsBibliothek

MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Becquerel, Antoine César,

Populäre Naturlehre mit besonderer Rücksicht auf die Chemie und verwandten Wissenschaften in neun Theilen

Bd.: 3

Stuttgart (1845)

Phys.g. 602 p-3
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10132328-7